



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**DESIGN LABORATORNÍ CENTRIFUGY PRO SEPARACI  
VZORKŮ**

DESIGN OF LABORATORY CENTRIFUGE FOR SAMPLE SEPARATION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Marie Kašná**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.**

**BRNO 2019**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Marie Kašná**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design laboratorní centrifugy pro separaci vzorků

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Laboratorní centrifuga je zařízení pro separaci jednotlivých látek pomocí odstředivé síly. Využití je ve zdravotnictví a biotechnologických pracovištích. Většina zařízení má dva vyměnitelné rotory – pevný úhlový a výkyvný s širokým výběrem adaptérů pro zkumavky. Tvarové, grafické a ergonomické řešení by mělo odlišovat laboratorní centrifugu od konkurenčních přístrojů na trhu tak, aby byla atraktivní pro cílovou skupinu uživatelů.

Typ práce: vývojová – designéřská

### Cíle bakalářské práce:

Návrh vizuálně atraktivního designu laboratorní centrifugy respektujícího technické, ergonomické a estetické parametry s možností výměny rotoru a nástavců pro využití v menších laboratořích ve formě konceptu. Hlavními použitými materiály jsou kovy a plasty. Předpokládá se malosériový typ výroby.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- navrhnout nejen samotné zařízení, ale i příslušenství jako vyměnitelné rotory s různým typem adaptérů nebo úložný obal pro zařízení,
- popsat ergonomické a technologické parametry návrhu laboratorní centrifugy,
- realizovat fyzický model laboratorní centrifugy v měřítku 1:1.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2019.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2019.pdf)

### **Seznam doporučené literatury:**

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials, c2012. ISBN 978-80-260-0538-4.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

AIREY, David. Logo: nápad, návrh, realizace. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-2-1-3151-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Práce se zabývá designem laboratorní centrifugy s ohledem na estetické, ergonomické a technické parametry. Důraz byl kladen především na stabilitu, jednoduché ovládání a více možností využití. Práce také zahrnuje analýzu současného trhu. Výsledný design zařízení má široké uplatnění, nejvíce je však vhodný pro malé laboratoře.

## KLÍČOVÁ SLOVA

centrifuga, laboratorní vybavení, odstřed'ování, rotor, dotyková obrazovka, koncept, design

## ABSTRACT

The project deals with the design of laboratory centrifuges with regard to aesthetic, ergonomic and technical parameters. Emphasis was placed on stability, ease of use and further possibilities for use. The project also includes an analysis of the current market. The resulting device design can be widely used, but is most suitable for small laboratories.

## KEYWORDS

centrifuge, laboratory equipment, centrifugation, rotor, touch screen, concept, design



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAŠNÁ, Marie. *Design laboratorní centrifugy pro separaci vzorků*. Brno, 2019, 64 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala především své vedoucí práce Ing. Evě Fridrichové Ph.D. za ochotu, cenné připomínky a trpělivost po celou dobu práce. Mgr. Nině Hulatové za umožnění exkurze v laboratoři a cenné informace a rady. Také bych ráda poděkovala svému otci Ing. Jiřímu Kašnému za pomoc a ochotu s technickým řešením.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Evy Fridrichové, Ph. D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 17. 5. 2019

.....  
Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Designérská analýza	14
2.1.1	Historie	14
2.1.2	Přehled současných výrobků	15
2.2	Technická analýza	19
2.2.1	Princip	19
2.2.2	Části centrifugy a jejich vlastnosti	21
2.2.3	Údržba	26
2.2.4	Technické normy	27
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>28</b>
3.1	Analýza problému	28
3.2	Cíl práce	28
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>29</b>
4.1	Varianta I	29
4.2	Varianta II	30
4.3	Varianta III	31
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>32</b>
5.1	Tvar centrifugy	32
5.2	Příslušenství	36
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>39</b>
6.1	Konstrukčně technologické řešení	39
6.1.1	Ovládací panel	39
6.1.2	Rotory	41
6.1.3	Víko	42
6.1.4	Síťový kabel	42
6.1.5	Vypínač	44
6.2	Ergonomie	44
6.3	Materiály	46
6.4	Rozměrové řešení	46
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ a GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>49</b>
7.1	Barevné řešení	49
7.2	Grafické řešení	51
7.2.1	Logotyp	52

<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>54</b>
8.1	Psychologická funkce	54
8.2	Sociální funkce	54
8.3	Ekonomická funkce	54
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ a VELIČIN</b>	<b>59</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>60</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>62</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>63</b>



# 1 ÚVOD

Proces centrifugace je nejrozšířenější a nejvýznamější výzkumnou technikou v oblasti biochemie, buněčné i molekulární biologie a v medicíně. Centrifuga je zařízení poháněné motorem, které rotuje objekt kolem pevné osy. Rotací vznikne odstředivá síla, která tlačí těžší materiály na vnější stranu nádoby.

Odstředivku používáme v různých konstrukcích např. pro sušení prádla, oddělení tučné části mléka - smetany od zbytku mléka, obohacování uranu. Zde bude uvedeno především její laboratorní použití.

Tento přístroj je velmi nápomocný v oddělování částic od roztoku podle velikosti, tvaru, hustoty či viskozity média. Je důležité, aby stroj fungoval velmi přesně. Jsou tak na něj kladeny vysoké požadavky jak na výkon, přesnost, funkčnost, stabilitu, tak na možnost snadné údržby. Jelikož je centrifuga v laboratořích používána nepřetržitě, je velmi dbáno na její funkční vlastnosti a stránka designu je ve většině případů zcela potlačena.

Laboratorní centrifugy se dělí podle velikosti a výkonu. Druhé dělení je pak v typech rotorů. Ty se dělí podle typu na úhlové nebo výkyvné. Rozdíl je v principech, jak se částice usazují ve zkumavce, a rychlosti procesu. Všechny funkční součásti musí být kryté kvůli bezpečnosti nebo okolním vlivům, které by mohly ovlivnit proces centrifugace.

Důležitými výrobci laboratorních centrifug, laboratorního vybavení a spotřebních materiálů jsou firma Grant z Velké Británie nebo německá firma Eppendorf. Firma Eppendorf je ve svém oboru jedna z nejstarších firem. Především stála u zrodu a zavedení první mikrocentrifugy pro laboratorní použití. Dodnes je vedoucí firmou v oblasti přírodních věd, která vyvíjí a prodává široké spektrum přístrojů, spotřebních materiálů a služeb po celém světě. Nejvíce je firma zastoupena, se svými 26 pobočkami po celém světě, v Evropě a to také v České republice, dále pak v USA a Asii.

Cílem práce bude navrhnout vizuálně atraktivní design laboratorní centrifugy, respektující technické a funkční součásti a ergonomické parametry. Návrh by měl zahrnovat i možnost výměny rotorů a dalších nástavců s použitím v menších laboratořích. Důležitým aspektem bude stabilita, bezpečnost a vhodná volba materiálů, jak pro rotory tak pro vnitřní část.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Designérská analýza

#### 2.1.1 Historie

Proces odstředování můžeme vysledovat už do poloviny 15. století, kdy byl tento systém používán pro oddělování mléka. Tyto stroje byly poháněny ručně až do roku 1912, tehdy se začal využívat elektrický proud.

Poprvé byla odstředivka použita pro laboratorní účely v roce 1869 švýcarským lékařem Friedrichem Miescherem pro izolaci buněčné organely.

Dalším významným krokem vpřed byl rok 1920, kdy se podařilo švédskému chemikovi Theodoru Svedbergovi, aby centrifuga dosáhla  $900\,000 \times g$  (relativní centrifugační síla). V roce 1926 dostal Svedberg Nobelovu cenu za vynález ultracentrifugy a za práci v oblasti koloidní chemie.

V roce 1962 německá společnost, dnes známá jak Eppendorf, vyvinula první mikrocentrifugu pro laboratorní použití.



**Obr. 2-1** Avanti J 26-XP [1]

Během devadesátých let minulého století zahájila společnost Beckman Coulter z USA výrobu vysokotlakové odstředivky Avanti (Obr. 2-1), která se stala jedním z nejoblíbenějších modelů centrifugy v historii. [2]

## 2.1.2 Přehled současných výrobků

Vzhledově se většina centrifug od sebe zásadně neliší. Většina strojů má tvar kvádru, u menších centrifug pak převládá tvar vejcovitý. Tvary vychází pouze z potřeby zakrýt vnitřní mechanismus a mít velkou stabilitu. Velikost centrifugy, pak stejně jako tvar, jsou určeny velikostí motoru a ostatního vybavení.

### Multi-speed mini centrifuge

Centrifuga od čínské firmy HW LAB zahrnuje čtyři výměnné rotory (Obr. 2-2). Tři kulaté rotory, které mohou obsahovat až šest zkumavek o různých objemech od 0,2 ml až do 40 ml a rotor pro PCR stripy s osmi zkumavkami na každé straně. Relativní centrifugační síla (dále jen RCF) je zde maximálně  $6\,900 \times g$  a zvládne pracovat rychlostí až 12 000 ot/min.

Tvar části, ve které je uložen motor a další vybavení, je zaoblený kvádr žluté barvy, a slouží i jako podstavec pro rotor se zkumavkami. Rotor se dá zakrýt vypouklým průhledným poklopem modré barvy. Velikostí se řadí mezi ty nejmenší přístroje, váží pouhých 6 kg. Přístroje takových rozměrů jsou zpravidla umístěny na pracovních plochách k tomu určených.



Obr. 2-2 Mikrocentrifuga speed mini centrifuge a vybavení [3]

V přední části podstavce jsou umístěna tlačítka různých barev pro start (červené), otevření poklopu, nastavení rychlosti a dalších parametrů (modré). Mezi tlačítka se pak nachází LED displej, který ukazuje nastavenou rychlost. [3]

### Centrifuge DSC-N158T

Centrifuga (Obr. 2-3) indonéské firmy Yihder Technology CO., LTD je zajímavá především svým tvarem a barvou. Připomíná houbu na nožičkách. Spodní část, kde je uložen motor, je komolý kužel, na kterém je umístěna seříznutá polokoule - hlavní část s rotorem. Na spodní části je umístěn vysunutý panel s ovládacími prvky. Tento model je staršího data, proto je celý systém analogový a není zde žádný displej. Ovládání tak zajišťují jen dva otočné přepínače.

Pro kontrolu je zde jedna žárovka, která upozorňuje uživatele pomocí světelné signalizace. Celý přístroj je laděn do růžové barvy. Tělo je ve světlém odstínu růžové, materiál je matný, víko pak v sytější verzi této barvy na průhledném materiálu. Nožky a doplňky jsou buď kovové nebo černé barvy.

Se svými rozměry (280 x 280 x 265) mm a možností 6000 *ot/min* spadá mezi nejmenší centrifugy. [4]



**Obr. 2-3** Centrifuge DSC-N158T [4]

## Centrifuge 5910 R

Vedoucí společnost Eppendorf, založena v Německu a dnes zastoupena v 26 zemích, nabízí velmi rozšířený sortiment pro manipulaci s kapalinami, vzorky a buňkami v celosvětových laboratořích. Tato centrifuga (Obr. 2-4) byla navržena tak, aby vyhovovala mimořádně širokému spektru aplikací. Systém umožňuje centrifugaci až 750 ml tekutiny s rozmezím (100 - 14 000) *ot/min*, při RCF 22 132 \* *g*. [5]



**Obr. 2-4** Centrifuge 5910 R [5]

Tato centrifuga se řadí se svými rozměry ( $720 \times 660 \times 370$ ) mm ke středním velikostem, stále je však vhodná pro použití na pracovní ploše. Přístroj je ve tvaru kvádra jen s přední vysunutou a zaoblenou částí pro ovládací prvky. Ty zahrnují šedá tlačítka pro ovládání centrifugy a displej pro zobrazení nastavení. Přístroj je laděn celý do bíla jen se spodní stříbrnou lištou. Vlevo na přední části je umístěno modré logo.

### Mikrocentrifuga/vortex CVP-2 | GRANT-BIO

Typ CVP-2 (Obr. 2-5) je produktem anglické firmy GRANT, která na trhu působí už více než 60 let. Jedná se o přístroj umožňující nezávislé mixování nebo centrifugování a střídavé centrifugování a mixování. Je zde možné použít klasické typy rotorů, ale přístroj je uzpůsoben i pro dvě PCR mikrotitrační destičky - ploché, s polovičním nebo plným rámečkem. Vzorky se odstřeďují rychlostí (300 - 1 500) ot/min. [6]



**Obr. 2-5** Mikrocentrifuga/vortex CVP-2 [6]

Rozměry centrifugy jsou ( $285 \times 350 \times 190$ ) mm, takže se řadí mezi menší přístroje. Základním tvarem je krychle s přední horní zaoblenou hranou. Na boku je obloukovité vybrání, které pak tvoří nohy. Vrchní kryt a ovládací panel jsou laděny do modré barvy, zbytek těla je bílý. Ovládací panel má tvar půlkruhu a jsou na něm umístěna různobarevná tlačítka pro nastavení parametrů a displej pro zobrazení těchto parametrů.

### MagFuge®

Tento model laboratorní centrifugy (Obr. 2-6) v sobě má nejen funkci vysokorychlostní centrifugy ale i magnetického míchadla v jednom. Americká firma Heathrow Scientific vyvinula konstrukční technologii a umožňuje tak laboratorům značné úspory nákladů laboratoře i prostoru nutném pro jednotlivé přístroje. Výměna komponentů není složitá, obsluha tak nepotřebuje nářadí pro změnu z centrifugy na míchadlo.



**Obr. 2-6** MagFuge [7]

Moderní nízko profilový design je kompaktní a zabírá tak málo prostoru, což je dobré pro laboratoře s omezeným prostorem. Centrifuga má podstavec ve tvaru prohnutého kvádru, na který je nasazen jen samotný válec s rotory. Model je prodáván ve dvou barevných variantách - modrý a fialový. Snadno použitelný podsvícený digitální ovládací panel s údaji času, rychlosti a operace zajišťující efektivní výsledky a zjednodušují proces toku práce tím, že umožňují rychlé nastavení. Model je vyroben z odolného ABS a polykarbonátu, což usnadňuje jeho čištění a údržbu. [7]

## Zentrifuge

Alexander Mueller, autor produktu, je zakladatelem společnosti WERK-m Design Agency, která poskytuje designové a konzultační služby zaměřené na lékařský a laboratorní design.

Tvar i materiálové řešení této centrifugy (Obr. 2-7) je velmi čisté a jednoduché. Uživatelské rozhraní je umístěno v přední části centrifugy a je lehce skloněné pro snadnější ovládání. Řešení je dotykovou obrazovkou. [8]

Centrifuga je koncepčním řešením a proto o ní nejsou k dispozici žádné technické parametry.



**Obr. 2-7** Zentrifuge [8]



## 2.2 Technická analýza

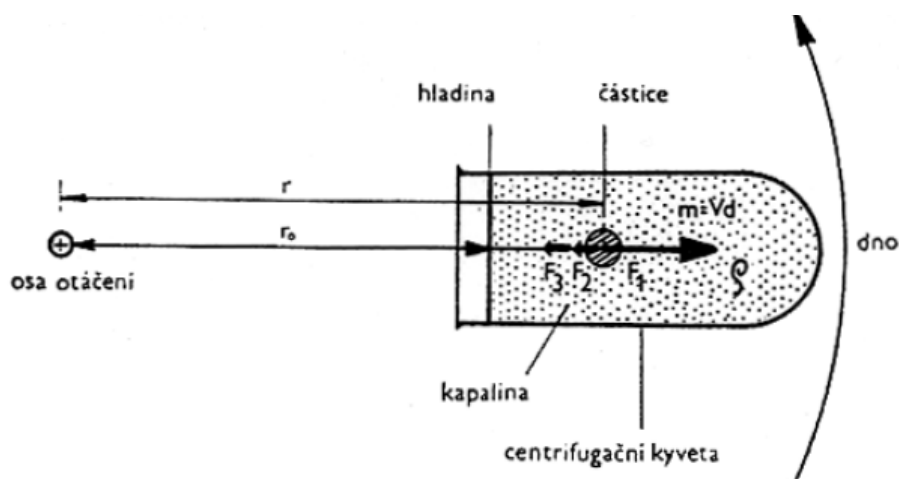
V oblasti biochemie, buněčné a molekulární biologie a dokonce i v medicíně je centrifugace jednou z nejvýznamnějších a nejrozšířenějších výzkumných metod.

Separace sedimentací by mohla být prováděna přirozeně zemskou gravitací, ale trvalo by to příliš dlouho. Centrifugace způsobuje, že tento přirozený proces je vykonán mnohem rychleji.

### 2.2.1 Princip

Vzorky jsou suspendovány jako kapalina tak, že se umístí do centrifugační zkumavky, ta se pak vloží do rotoru a otáčí se definovanou rychlostí.

Z technického hlediska jde o proces, který zahrnuje použití odstředivé síly pro sedimentaci heterogenních směsí. Tento proces (Obr. 2-8) se používá k oddělení dvou nemísitelných kapalin. Složky s větší hustotou migrují od osy odstředivky, zatímco méně husté složky směsi migrují směrem k ose. Oddělení částic od směsi se dělí podle velikosti, hustoty nebo tvaru vzorku. [9, 11]



Síly  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  působící při centrifugaci na pohybující se částice;  $r_0$  = vzdálenost od středu otáčení v čase  $t = 0$ ,  $r$  = vzdálenost částice od osy otáčení v čase  $t > 0$ ,  $V$  = objem,  $d$  = hustota částice,  $\rho$  = hustota kapaliny

Obr. 2-8 Princip centrifugace [10]

Doba potřebná k separaci částic závisí na rychlosti otáčení rotoru, poloměru rotoru a efektivní délce dráhy ustupujících sedimentovaných částic. Rychlost odstředování je určena úhlovou rychlostí měřenou v otáčkách za minutu (RPM) nebo zrychlením vyjádřeným jako  $g$ . Přepočítací koeficient mezi RPM a  $g$  závisí na poloměru uložení vzorku v rotoru odstředivky. [9]

RCF stanovuje poměr odstředivého zrychlení při určeném poloměru a rychlosti na standardní gravitační zrychlení.

$r$  - vzdálenost od středu otáčení, poloměr rotoru [mm]

$$RCF = 1,12r \left( \frac{rpm}{1000} \right)^2$$

$$rpm = 1000 \sqrt{\frac{RCF}{1,12r}} \quad [10]$$

**tab. 2-1** Ukázka vybraných vzorků, jejich RPM a čas, potřebný k separaci [10]

RCF	Čas[min]	Typ částic
1 000 * g	5 min	bakteriální buňky
3 000 * g	10 min	chloroplasty, jádra
10 000 * g	10 min	mitochondrie, inkluzní tělíska
40 000 * g	30 min	membrány, mikrozómy
200 000 * g	960 min	velké proteinové komplexy
400 000 * g	1440 min	proteiny 50 kDa

V závislosti na konkrétním použití se odstředivky liší svým celkovým designem a velikostí. Společným znakem všech odstředivek je centrální motor, který otáčí rotorem obsahujícím oddělené vzorky.

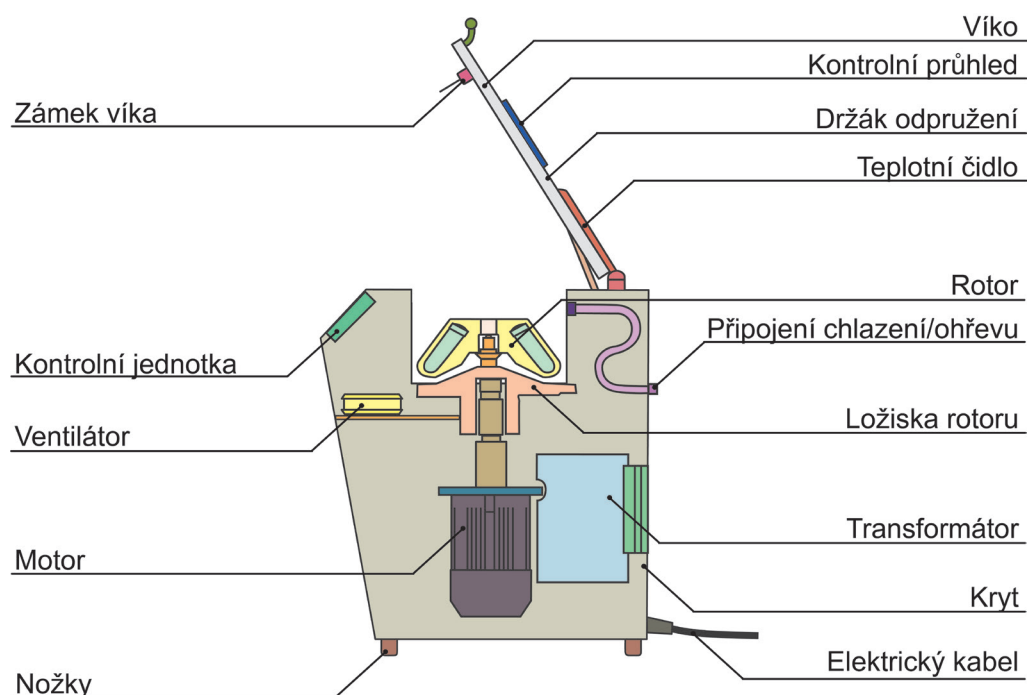
Centrifugy lze také dělit podle rychlosti obecně do 3 kategorií podle maximální dosažitelné rychlosti.

1. „Nízká rychlost“: maximálně  $\sim 5 \times 10^3 \text{ ot/min}$
2. „Vysokorychlostní“: maximálně  $\sim 2 \times 10^4 \text{ ot/min}$
3. „Ultracentrifugy“: maximálně  $\sim 10^5 \text{ ot/min}$

[12]



## 2.2.2 Části centrifugy a jejich vlastnosti

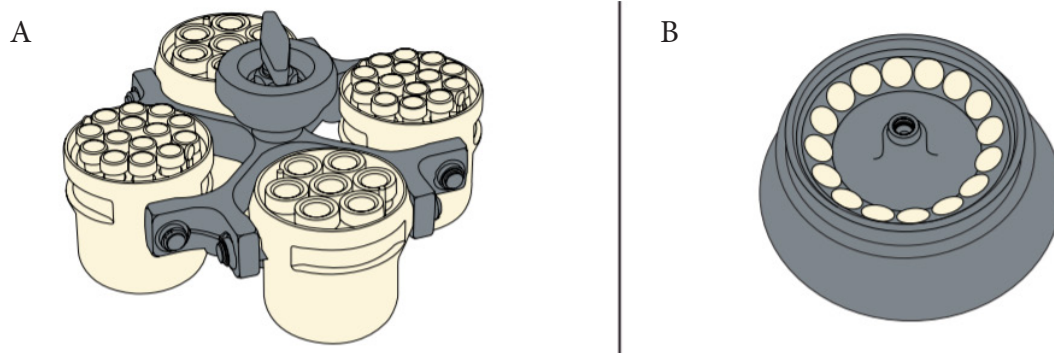


Obr. 2-9 Schéma centrifugy [13]

### Rotor

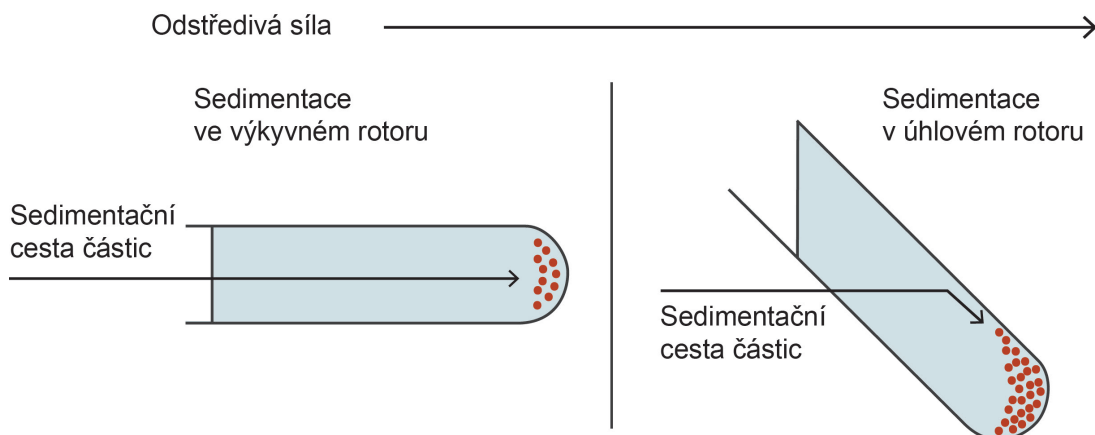
Rotorem označujeme rotující prvek odstředivky, do kterého se ukládají zkumavky, láhve nebo jiné nádoby se vzorky. Je poháněn hnacím mechanismem kolem pevné osy. Existuje několik druhů a velikostí rotorů a u centrifug stejného typu jsou pak tyto rotory vzájemně zaměnitelné. Rotory dělíme na úhlové a výkyvné.

**Úhlový rotor** – U rotorů s pevným úhlem (Obr. 2-10) jsou nádoby obsahující vzorky umístěny do otvorů v rotoru v jednom předem daném úhlu. Ty se pohybují mezi  $20^\circ$  –  $40^\circ$ . Zkumavky jsou nakloněny s vrcholy blíže k hřídeli a zůstávají tak i během procesu bez ohledu na rychlost rotoru. [14]



Obr. 2-10 A) rotor výkyvný, B) rotor úhlový [15]

V těchto rotorech se usazují částice podél radiální dráhy (Obr. 2-11), brzy však narazí na opačnou stranu zkumavky, kde sklouznou dolů ke stěně. Výsledkem je rychlejší sedimentace, než je možné dosáhnout u horizontálních rotorů, které mají delší délku sedimentace.



**Obr. 2-11** Schéma sedimentační cesty částic [16]

**Výkyvný rotor** – Zkumavky jsou v rotoru uloženy vertikálně (Obr. 2-10). Poté, co se přístroj uvede do pohybu, začnou se zkumavky zvedat, až se otáčejí v horizontální poloze. Po skončení centrifugace se zase vrací zpět do výchozí polohy. Tyto rotory jsou vhodné zejména u usazování vzorků s rozdílnými hustotami. [14]

Částice se usazují podél radiální dráhy od středu otáčení a rovnoměrně se nahromadí na dno zkumavky (Obr. 2-11).

Škála příslušenství pro tyto rotory je mnohem širší než u úhlových rotorů. Obsahují různě zavěšené láhve, kontejnery nebo krevní sáčky.

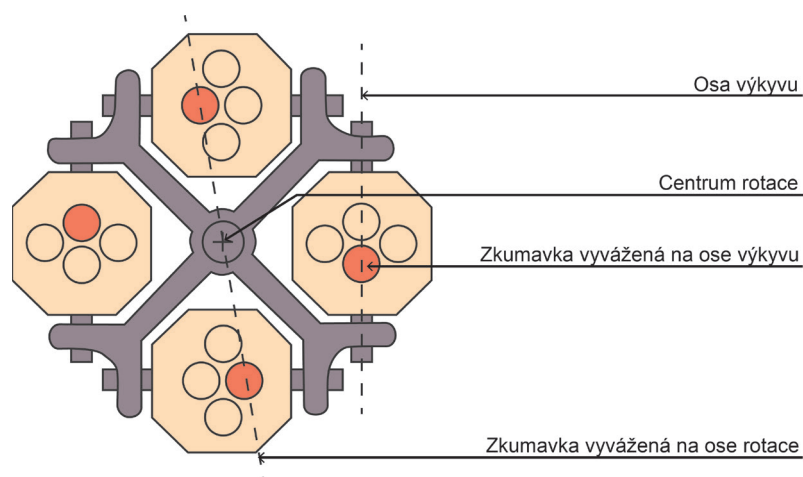
## Vyvážení

Aby rotor běžel hladce a bezpečně při své standardní rychlosti, musí být správně vyvážen. Je potřeba dodržovat několik pravidel pro správné užití:

1. V rotoru nikdy nesmí chybět proti sobě nádoby, i kdyby byly prázdné.
2. Protilehlé láhve musí mít stejnou hmotnost.
3. Pokud nemáme vyplněna všechna místa v rotoru, musí být ta místa, která vyplněna jsou, uspořádána symetricky přes střed, obě ke vztahu k ose (Obr. 2-12).

Při částečném zatížení je nejjednodušším postupem vyplnění jedné nebo více zkumavek stejné velikosti vodou nebo kapalinou se stejnou hustotou jako vzorky.

Většina odstředivek je vybavena detektorem nerovnováhy, protože nesprávné vyvážení způsobí špatné zpracování vzorků nebo může dojít i ke zničení přístroje. [15]



**Obr. 2-13** Schéma vyvážení zkumavek v rotoru [15]

### Materiály rotoru

Evoluce rotorů směřuje k lehčím a silnějším materiálům. Snížení hmotnosti rotoru zvyšuje snadnost použití, zatímco tužší rotory jsou pevnější a drží konstrukci dohromady i pod maximálním zatížením rotoru.

Od počátku 50. let 20. stol. byly centrifugační rotory konstruovány především z kovových slitin. Dlouhé roky se používaly lehké hliníkové a titanové slitiny pro výrobu rotorů. Hliník, který má nízkou hustotu, je běžně používaným materiálem pro rotační centrifugační jednotky rotorů s vysokou rychlostí a stojanem. Lepší konstrukční vlastnosti titanu jsou vhodnější pro rotory ultracentrifugy. Tyto kovy však trpí řadou známých přirozených omezení zejména jejich nedostatečnou odolností proti korozi.



**Obr. 2-12** Rotory z uhlíkových vláken [17]

Rotory centrifugy jsou často vystaveny vlhkosti, chemikáliím nebo alkalickým roztokům, jako je hydroxid sodný nebo různé soli v laboratoři, které mohou napadat povrch. Výsledná koroze nebo pitting zhoršuje strukturu rotoru tím, že snižuje množství kovu, který je k dispozici pro namáhání při práci. Na rozdíl od hliníku a titanu, uhlíkové vlákno je odolné proti korozi, čímž se zamezuje tomuto nebezpečí.

Stejně tak i hmotnost je u rotorů z uhlíkových kompozitů nižší, protože materiál má vyšší poměr pevnosti k hmotnosti než většina kovů. Například rotor může být až o 45 % lehčí než ekvivalentní rotor z hliníkových slitin.

Tyto lehké konstrukce rotorů také nabízejí lepší ergonomii, snižují pravděpodobnost poškození zařízení během instalace nebo demontáže rotoru a přispívají k bezpečnějšímu pracovnímu prostředí.

Uhlíkové rotory se používají v některých dnešních nejnáročnějších podmínkách a jsou navrženy s podobnými rozměry jako tradiční rotory, proto není nutné měnit metody centrifugace. [17]

## Zkumavky

Centrifugační trubice jsou kalibrované skleněné nádoby ve tvaru válce, které se běžně používají pro analýzu a separaci různých materiálů v laboratoři.

Zkumavky jsou k dispozici v různých typech (Obr. 2-14) v závislosti na konstrukci rotoru nebo záměru v případě použití.



**Obr. 2-14** Typy zkumavek [18]

Materiálů pro zkumavky je široká škála. Jsou k dispozici v plastových, kopolymerech, polypropylenu a polystyrenu, dříve také ze skla. Skleněné zkumavky se mohou během procesu centrifugace rozbít a to buď nesprávným manipulováním s nimi nebo vlastní vadou. Je výhodou, když se dají zkumavky autoklávovat, ale není to v současnosti potřeba, jelikož se berou plastové zkumavky jako spotřební materiál na jedno použití.

Rozměry se pohybují od mikrocetrifugačních zkumavek s uzávěry k větším zkumavkám, které jsou schopné obsáhnout až 50 000 gramů vzorku. [19]

## Hnací mechanismus

Hnací mechanismus je zdrojem rotačního pohybu a je poháněn elektrickým motorem, tlakem vzduchu nebo olejovými turbínami v závislosti na typu odstředivky. [19]

## Motor

Společným rysem všech odstředivek je centrální motor, který otáčí rotor obsahující vzorky, které mají být odděleny. Pro proces centrifugace je nejčastěji využíván motor BLDC s pevnými

magnety ze vzácných zemin, chráněn IP 66, což znamená, že je motor chráněn proti vniknutí cizích těles a zatečení tekutin do motoru. BL - bezkomutátorový, DC - stejnosměrný. Tento typ motoru je používán pro jeho snadnost řízení otáček, tichému chodu, rychlému rozběhu a dlouhé životnosti. Příkon motoru se pohybuje kolem 80 W. [20]

Většina odstředivek obsahuje také brzdu pro zastavení rotoru po dokončení programu. Na rozdíl od mechanických brzd v automobilu, jsou zde brzdy elektrické – proud do motoru je reverzován.

## Kryt

Na vnějším obalu, který chrání vnitřní komponenty, jsou uloženy ovládací prvky a indikátory pro rychlosti a časy potřebné pro proces centrifugace. Většina krytů je vyrobena z ABS a polykarbonátu, pro dobré mechanické vlastnosti a snadnou údržbu.

## Chlazení

Chladicí centrifugy mají vestavěnou chladicí jednotku obklopující rotor, přičemž teplotní čidlo a termostat umožňují výběr konkrétní teploty nebo přípustného teplotního rozsahu, který je udržován během odstřeďování. Mnoho biologických vzorků je citlivých na teplotu a často se vyžaduje odstředění v chladném prostředí (např. 1 – 4 °C). [12]

Centrifugy, které nejsou chlazeny, se běžně používají při jakékoliv teplotě, v jaké se nachází. To je typicky popsáno ve výzkumných zprávách jako „pokojová teplota“ nebo „teplota okolí“.



**Obr. 2-15** Magnetický rotor [7]

## Míchání

Některé centrifugy umožňují ještě přidanou funkci a to funkci pro míchání tekutin. Tato přidaná funkce není nijak zvlášť náročná na změnu centrifugy a menší laboratoře tuto možnost využijí. Vhodná je zejména jako úspora místa, nebo i peněz.

Pro tento proces je potřeba speciální rotor (Obr. 2-15), který je ale vyroben tak, že je zaměnitelný se všemi klasickými rotory. Tento rotor obsahuje silné neodymové magnety ze vzácných

zemin, které roztácejí tělísko ze vzácných zemin s povlakem PTFE pro chemickou odolnost. Tělísko s rozměry (40 x 12) mm je umístěno v nádobě s tekutinou. Nádoba je položena na víku centrifugy a jako mezivrstva proti sklouznutí nádoby slouží silikonový plát v rozměrech 130 mm v průměru. Silikonový plát také zabraňuje tekutině, která vystříkne z nádoby při míchání, aby pronikla dovnitř přístroje. [7]

### 2.2.3 Údržba



**Obr. 2-16** Poškození rotoru [21]

Čištění a údržba je každodenní nutnou rutinou při práci s centrifugou kvůli možné kontaminaci solí a chemikáliemi. V případě dlouhé expozice mohou agresivní chemikálie vytvářet korozivní místa na rotoru a lopatkách rotoru (Obr. 2-16), která neustále rostou a vytváří malé otvory. V případě pokročilého stádia koroze, může být rotor poškozen natolik, že proces centrifugace nebude bezpečný a mohl by vést k havárii.

Rotory vyráběné z kvalitních hliníkových slitin jsou obvykle chráněny před korozí způsobenou běžně používanými laboratorními chemikáliemi, ale mohou být poškozeny koncentrovanými alkáliemi, koncentrovanými kyselinami, roztoky obsahující rtuť, ionty mědi a další ionty těžkých kovů, chlorovanými uhlovodíky nebo koncentrované solné roztoky (agresivní sloučeniny/látky).

Rotory je potřeba sterilizovat. Sterilizace je soubor činností směřující k úplnému odstranění všech forem mikrobiálního života jako jsou bakterie, viry, houby apod. Široce používaná metoda sterilizace teplem je autoklárování, kdy je proces sterilizace prováděn vlhkým teplým vzduchem a zvýšeným tlakem. Typický autoklárovací program pro rotory centrifug se provádí při teplotě 121 °C a 200 kPa (15 – 20) minut.

Při čištění se ze zařízení odstraní malé množství maziva, proto je nutné nanést nové. Pro mazání se používá glycerol nebo mastek.

[21]



## 2.2.4 Technické normy

Pro laboratorní zařízení existuje velké množství předpisů a norem, centrifugy nevyjímaje. Normy se vztahují na materiály a jejich kvalitu, správné používání nebo jak musí být rozmístěny ovládací prvky. Většina norem není určena pro design a navrhování přístroje, proto není nutné je zde všechny uvádět.

### **ČSN EN 12547 [22]**

#### **Zatížení rotoru**

Rotor musí být navržen, vyroben a zkoušen tak, aby za normálních provozních podmínek nemohlo dojít k prasknutí rotoru. Výrobce musí zajistit bezpečnou rezervu proti všeobecnému výkyvu a prasknutí s přihlédnutím ke stálému zatížení způsobeného rotací hmotnosti rotoru.

#### **Přístup k pohyblivým částem**

Při otáčení vnitřních částí musí být zajištěno, že kryty, pevné nebo demontovatelné, není možné otevřít nebo odstranit.

Poté co je přístroj zastaven, musí následovat dostatečný čas pro dokončení veškerého pohybu uvnitř přístroje, teprve poté je možné uvolnit mechanismus pro otevření centrifugy.

#### **Ergonomie ovládání**

Ovládání stroje musí být umístěno tak, aby osoby obsluhující zařízení mohly zůstat v bezpečné poloze vždy, když nastane potřeba obsluhy ovládacích prvků. Ovládací prvky pro zastavení musí být v blízkosti odstředivky, v poloze jasně viditelné z jakékoli předvídatelné provozní polohy.

### **ČSN EN 61310-2 [23]**

#### **Zobrazení jmenovitých hodnot**

Musí být použit mezinárodní systém jednotek (SI) uvedený v ISO 31-0.

Strojní zařízení musí být označeno jmenovitými hodnotami pro ty charakteristiky, které jsou důležité pro jeho bezpečné používání, jako:

- příkon nebo výkon ve wattech;
- napájecí napětí ve voltech;
- maximální rychlost otáček za minutu nebo metrech za minutu.

Každé jmenovité hodnoty musí sestávat z číselné hodnoty charakteristiky, za níž následuje značky jednotky.

### **ČSN EN 60204-1 [24]**

#### **Barevnost ovládacích prvků**

Pro ovládací prvky START/ZAP mají být použity barvy bílá, šedá, černá nebo zelená, přičemž bílé barvě se dává přednost. Červená se nesmí použít.

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Výrobci v oblasti laboratorního vybavení se především zaobírají funkční stránkou přístroje nebo snadným ovládáním. Vzhled vždy vychází jen z potřeby zakrýt funkční části přístroje, umístit ovládací prvky na místo, kde budou dobře přístupné a budou se snadno ovládat, a vyřešit stabilitu. Ta bývá u menších centrifug řešena pomocí malých pogumovaných nožek, u větších přístrojů, pak nožkami nastavitelnými, aby se dala minimalizovat nerovnost povrchu, na kterém přístroj stojí, nebo dokonce kolečky pro snazší přesun.

Trh s centrifugami se dělí zhruba na polovinu co se týče průhledného materiálu na vících, pro možnost kontrolovat co se děje uvnitř přístroje. Jedná se zejména o menší odstředivky.

Ovládací prvky bývají většinou ve formě tlačítek a malého displeje pro zobrazení nastavených parametrů. K základním tlačítkům pro rychlost a čas mají některé centrifugy ještě sadu tlačítek pro navolení vlastních předvoleb, kde je častá možnost si vedle tlačítka funkci popsat např. fixou. Na zadní straně přístroje pak bývá umístěn centrální vypínač.

Dalším z úskalím laboratorní centrifugy je vnitřní prostor. Ten by měl být co nejjednodušeji řešen bez zbytečných záhybů a hran a ze vhodného materiálu. Jelikož je tato část vystavena solím, alkáliím, roztokům nebo jiným náročným látkám, je důležité, aby materiál odolal korozi a při nehodě se látka dala jednoduše vytříit.

### 3.2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je navrhnout design laboratorní stolní centrifugy spadající mezi malé odstředivky s maximální velikostí (300 x 300 x 300) mm, zaměřit se na materiál a tvar použitý na vnitřní část centrifugy, zahrnout všechny ergonomické a technické parametry. Dále je také potřeba vhodně vyřešit stabilitu objektu. V neposlední řadě je cílem navrhnout produkt tak, aby se odlišoval co nejvíce od stávajících výrobků a byl snadno rozpoznatelný na trhu.

Cíle práce:

- design laboratorní centrifugy do velikosti (300 x 300 x 300) mm,
- design respektující technické, ergonomické a estetické parametry s možností výměny rotoru a nástavců,
- vhodné vyřešení nožek pro dobrou stabilitu,
- použití vhodného materiálu a tvaru vnitřní části,
- jednoduché ovládání,
- možnost vizuální kontroly procesu,
- jednoduché otevírání,
- snadná manipulace se zkumavkami,
- jednoduchý a čistý design respektující funkce centrifugy,



## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

V této kapitole budou představeny jednotlivé variantní návrhy, pomocí nichž jsem hledala vhodný tvar pro výsledný design centrifugy. Modely jsou koncipovány především do rotačních tvarů, které podporují člověka představit si proces, jež probíhá uvnitř odstředivky. Každá varianta má hlavní centrální část s uloženým rotorem a jednotlivé varianty tak ukazují vnější kryt a umístění ovládacích prvků.



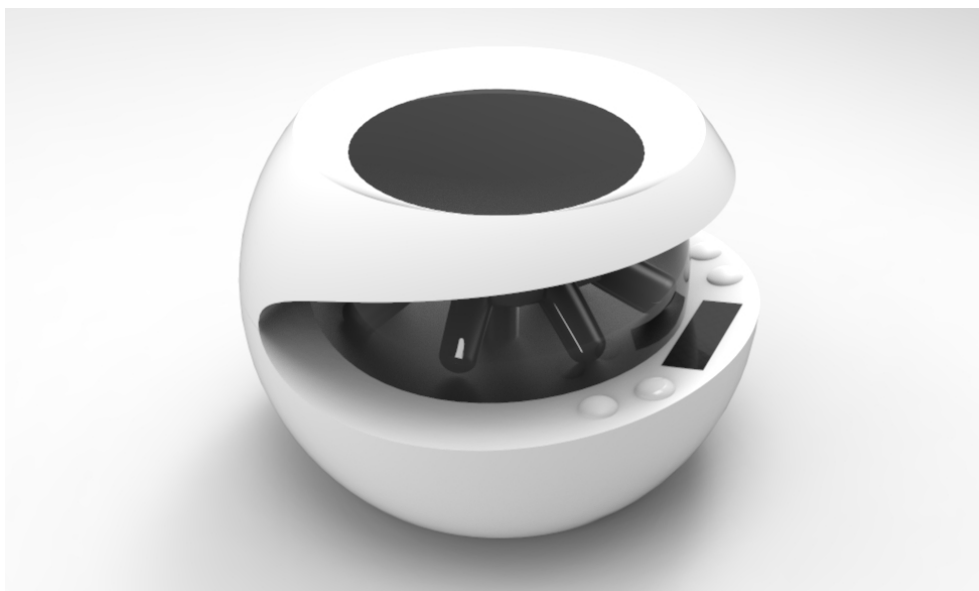
Obr. 4-1 Inspirační koláž

### 4.1 Varianta I

První variantní návrh (Obr. 4-2) vychází ze dvou těles prolnutých do sebe. Jde o válec prostupující celým objektem. Válec je zamýšlen z průhledného materiálu, kdy z boku i shora lze vidět dovnitř na probíhající proces centrifugace. Horní podstava válce je po okrajích překrytá druhým tělesem, rovný střed však může sloužit jako podstavec pro druhou možnost využití centrifugy a to jako míchadlo. Nádobu s tekutinou by se tak dala postavit právě na toto místo.

Druhým tělesem je koule, seříznutá jak ve spodní části, kde zaujímá roli podstavy, tak v horní části, která je prohloubena a je zde vidět část válce. Z boku koule je vybrána část, která opět umožňuje pohled na válec. Tvar je rozdělen na dvě části, kdy horní část i s horní podstavou válce slouží jako víko. Ve spodní části jsou umístěny všechny prvky potřebné k chodu centrifugy. Prostor v průhledu kolem válce pak umožňuje umístění ovládacích prvků.

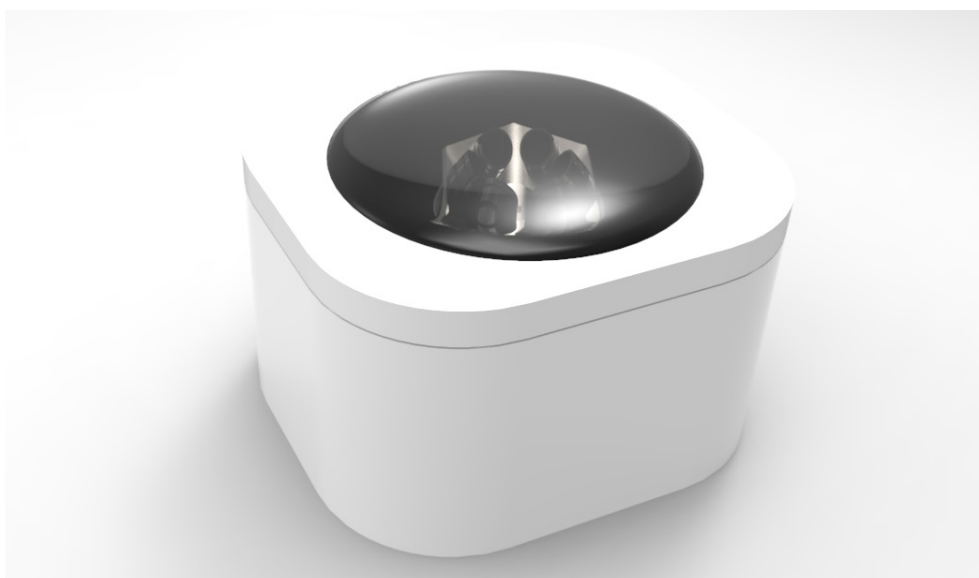
Tento model je velmi zajímavě řešen co se týče průhledu dovnitř z boční části, což je narozdíl od ostatních produktů velmi neobvyklé řešení. Je zde díky rovné ploše také možné umístit nádobu na míchání tekutin. Mínusem je zde ergonomicky nevhodně zkosené místo, které je určeno pro ovládací prvky a také tvar z pohledu stability.



**Obr. 4-2** Varianta I

## 4.2 Varianta II

V případě druhé varianty (Obr. 4-3) je tvarové řešení velmi jednoduché a elegantní. Tvar vychází z krychle, kde jsou boční hrany zaobleny. Hrany s horní i dolní podstavou zaobleny nejsou. Horní část kvádrů slouží jako víko spolu s vypouklým kruhovým tvarem uprostřed, ten je vyroben z průhledného materiálu pro možnost nahlédnout dovnitř. Dále pak plocha na víku může být využita pro umístění ovládacích prvků.



**Obr. 4-3** Varianta II

Celkový tvar centrifugy neodpovídá pohybu, který se děje uvnitř, proto je zde alespoň poklop s kruhovým půdorysem, aby tento problém vyvážil. Vzhled je lehce zaměnitelný s jinými zařízeními, pokud nevíme, co je to za přístroj, určitě jej podle tvaru nepoznáme. Kladné jsou zde určitě jeho stabilita a jednoduchost. Ke stabilitě a přilnavosti k podložce by jistě přispěly malé protiskluzové nožky. Boční hladké stěny jsou snadno udržovatelné a daly by se využít k umístění loga, barevného detailu nebo struktury, která by ozvláštnila celý model.

### 4.3 Varianta III

Poslední varianta (Obr. 4-4) vychází také ze dvou těles propojených do jednoho harmonického celku. Spodní část je řešena jako deska v zadní části zaoblená. Přední část je též zaoblená, ale menším rádiem. Přední část je pak určena pro ovládací panel, který by byl řešen jako dotyková obrazovka. Zespolu desky jsou umístěny malé pogumované nožky, pro snadnější umístění přístroje na nerovný povrch. V desce by byla hlavně umístěna elektronika pro ovládání obrazovky.



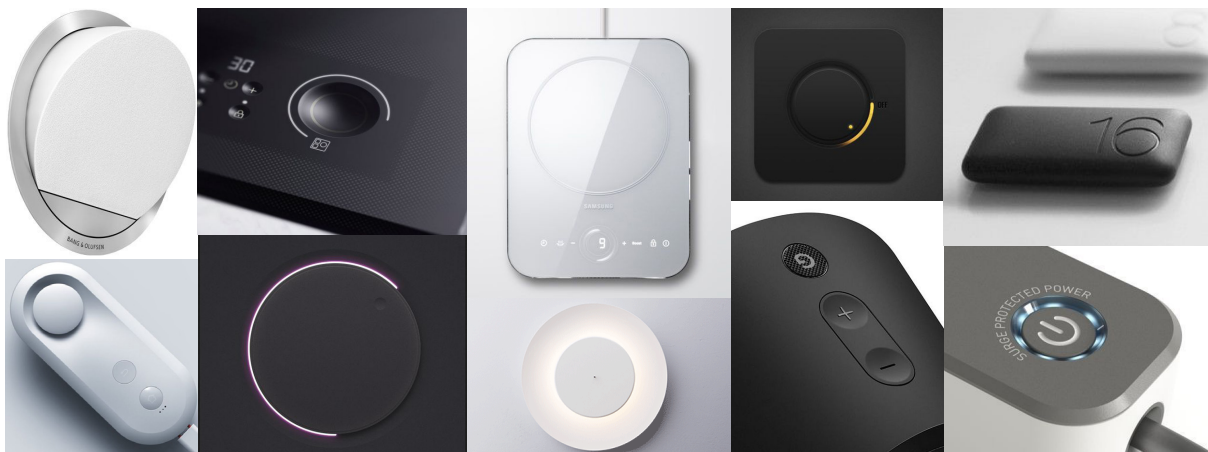
**Obr. 4-4** Varianta III

Druhá část kryje všechny ostatní funkční součásti i samotný rotor se zkumavkami. Základní tvar vychází z válce a je trochu vypouklý. Propojení válce s deskou je zajištěno u paty válce zaoblením. Horní část válce je určena pro víko a je vyrobena z průhledného materiálu, aby bylo vidět dovnitř centrifugy. Rovná plocha víka zase umožňuje postavit zde kádinku s tekutinou a využít přístroj i jako míchadlo.

Tento návrh nejvíc počítá s ovládacími prvky a je zde pro ně největší prostor, to umožní ergonomicky rozmístit jednotlivé prvky. Se stabilitou by zde také nebyl žádný problém. Tvar nemá zbytečná zákoutí, takže se dá snadno udržovat.

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Konečný návrh vychází z varianty III. kvůli zajímavě řešenému tvaru, dobré stabilitě oproti jiné variantě a také kvůli prostoru v přední části, kde je možné mít vhodně umístěné ovládací prvky. U finální varianty jsou také výhodou hladké plochy, ze kterých je model vytvořen, což je výhodné z hlediska údržby.



**Obr. 5-1** Inspirační koláž

### 5.1 Tvar centrifugy

Finální tvarování (Obr. 5-2) vychází ze dvou hlavních segmentů. Prvním je základní „deska“ - kvádr se zaoblenými rohy vpředu přecházející do půlkruhu v části zadní. Co se týče tvaru



**Obr. 5-2** Perspektivní zobrazení modelu

navýšku, předu je profil nejmenší vycházející z obdélníku. Čím více se posunujeme dozadu, objemu přibývá kvůli potřebě umístit zde vnitřní komponenty zajišťující proces centrifugace. Tvar z bočního pohledu (Obr. 5-3) připomíná skluzavku díky křivce, která je mírně prohnutá. Zakřivení v zadní části pak koresponduje se zakřivením druhé části. Z pohledu shora zadní část obklopuje druhý segment jako límec, čím více se pak blížíme dopředu, límec se rozšiřuje až zmizí úplně.



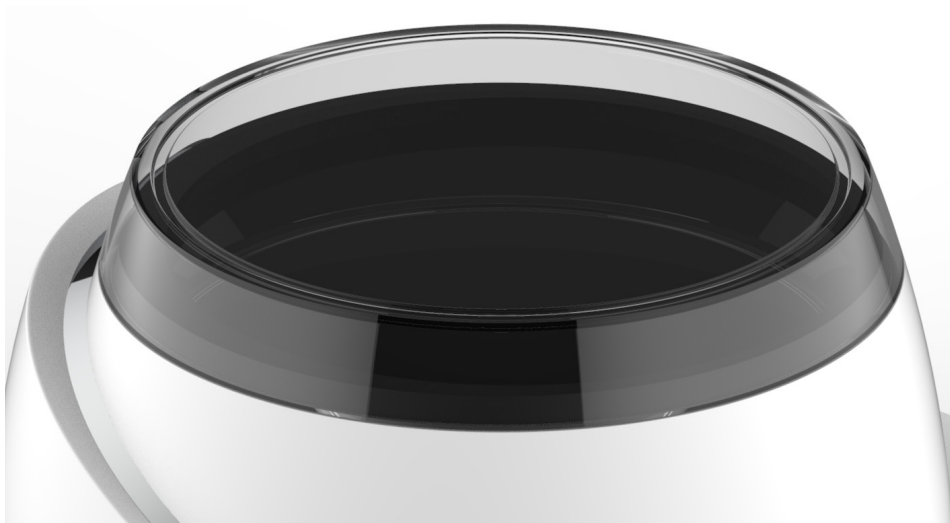
**Obr. 5-3** Boční pohled

Druhou hlavní částí je pak zaoblený válec se zužující se tendencí k horní podstavě (Obr. 5-4). V této části se nachází prostor pro funkční části centrifugy a navazuje na ni víko se stejným tvarováním. U horního okraje je válec zakončen zahlobením po celém obvodu, kde bude do-sedat víko.



**Obr. 5-4** Tvarování hlavní části

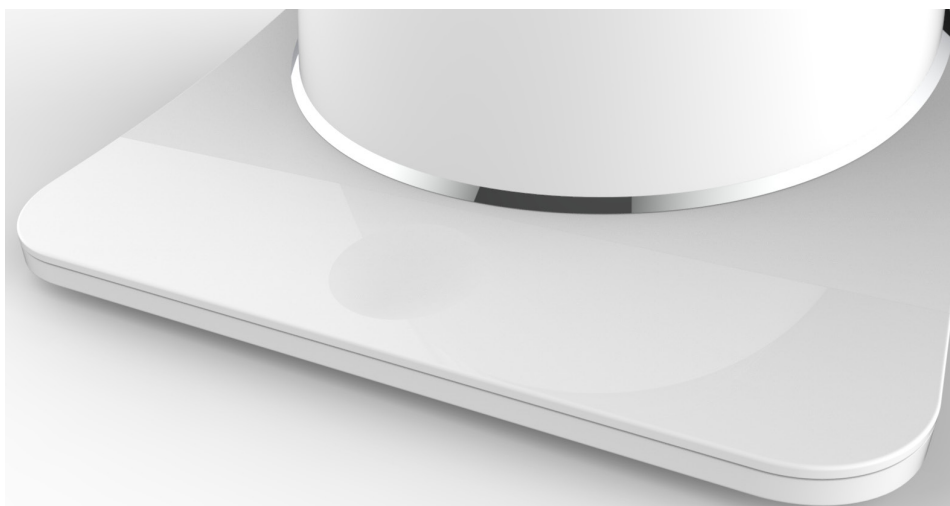
Propojení mezi těmito dvěma částmi je zajištěno drážkou, která byla vytvořena zkosením mezi válcem a deskou. Lemuje to tak průnik těchto dvou částí.



**Obr. 5-5** Tvarování víka

Víko (Obr. 5-5) plynule navazuje na tvar válce. Je zevnitř duté a zvětšuje tak vnitřní prostor pro rotor. V horní podstavě je pak drážka pro bezpečné umístění nádoby pro míchání tekutin. Okraje drážky jsou zaobleny, aby zde nevznikaly ostré hrany.

Místo v přední části desky je určeno pro ovládací panel (Obr. 5-6). Jelikož toto místo bude řešeno jako dotyková obrazovka, nejsou zde větší tvarové změny kromě kruhového prohloubení uprostřed plochy. Prohloubení bude sloužit jako odlišení části pro volbu času a otáček.



**Obr. 5-6** Tvarování ovládacího panelu

Vnitřek válce je nejdůležitější částí pro proces. Tvar misky (Obr. 5-7) opisuje tvar vnějšího krytu. Dno bez přerušení navazuje na stěny velkým zaoblením, aby nevznikaly žádné hrany, spáry



nebo jakékoliv prostory, kam by mohla omylem rozlitá tekutina zatéct. Stejně tak vyvýšený střed pro hřidel je navázán na dno zaoblením.



**Obr. 5-7** Tvarování vnitřní části

Zespodu objektu jsou umístěny čtyři nožky (Obr. 5-8) pro zajištění nezbytné stability. Dvě jsou umístěné v přední části a zbylé dvě v zadní části blíž k sobě kvůli obloukovému tvaru podstavy, na které jsou upevněny. Tvarem vychází z válce se zaoblenými, změkčenými hranami.



**Obr. 5-8** Detail spodní části

Ve spodní části je ještě umístěn kryt pro nutnou údržbu a opravy vnitřního vybavení (Obr. 5-8). Tvar poklopu obepisuje křivku určující dno zároveň s prostorem pro nožky.

Na přístroji se kromě prohloubení v části pro ovládací panel nachází ještě jeden ovladač a to v zadní části na pravé straně přístroje. Tím je hlavní ovladač pro zapnutí a vypnutí celého zařízení (Obr. 5-9). Tvar tlačítka svým podélným tvarem s výrazně zaoblenými rohy koresponduje s tvarem celého přístroje. Ovladač je vytvořen jako překlápňový vypínač s dvěma polohami, pro vypnutý a zapnutý stav.



**Obr. 5-9** Detail vypínače

## 5.2 Příslušenství

K laboratorní centrifuze je nutné mít příslušenství v podobě rotorů, bez kterých se při používání přístroje obsluha neobejde. Spolu s rotory je možné dodávat další doplňky, které jsou nutné pro chod nebo výrazně usnadní práci s centrifugou.

Rotor pro umístění zkumavek je jednou z nejdůležitějších částí přístroje. K centrifuze je možné mít více druhů rotorů pro různé objemy zkumavek. Liší se také principem fungování.

Typ rotoru (Obr. 5-10) zpracovaného jako příslušenství této centrifugy je úhlový rotor s 12ti otvory pro zkumavky o objemu 2 ml. Počet otvorů je zvolen tak, aby bylo možné umístit do rotoru méně zkumavek než je plný počet míst a zachovalo se správné vyvážení. Otvory tak jdou dělit dvěma ale i třema, je tedy více možností jak a kolik zkumavek do rotoru umístit.



**Obr. 5-10** Detail rotoru



Tvar rotoru (Obr. 5-11) vychází z potřeby držet zkumavky ve správném úhlu. Vnější křivka pak opisuje křivku, která byla použita na hlavní část centrifugy. U spodní hrany je rotor zkosen, aby se odlehčil celý tvar. Horní okraj jako rovné vysunutí tvoří drážku pro možné usazení víka na rotor.



**Obr. 5-11** Úhlový rotor a víko

Pod otvory jsou umístěny vystouplé číslice jako označení jednotlivých zkumavek. Střed rotoru pak slouží pro nasazení na hřídel, která rotorem otáčí. Je zde tedy matka pro uchycení.



**Obr. 5-12** Magnetický rotor

Víko na rotory (Obr. 5-11) slouží jako ochrana při skladování rotorů v době, kdy nejsou používány. Poklop je vytvořen co nejjednodušeji jen mírným vyboulením hlavní části. Spodní část pak slouží pro usazení na rotor a přechod mezi částmi je zajištěn zkosením. Ve středu víka je zajišťovací matice pro upevnění víka k rotoru.

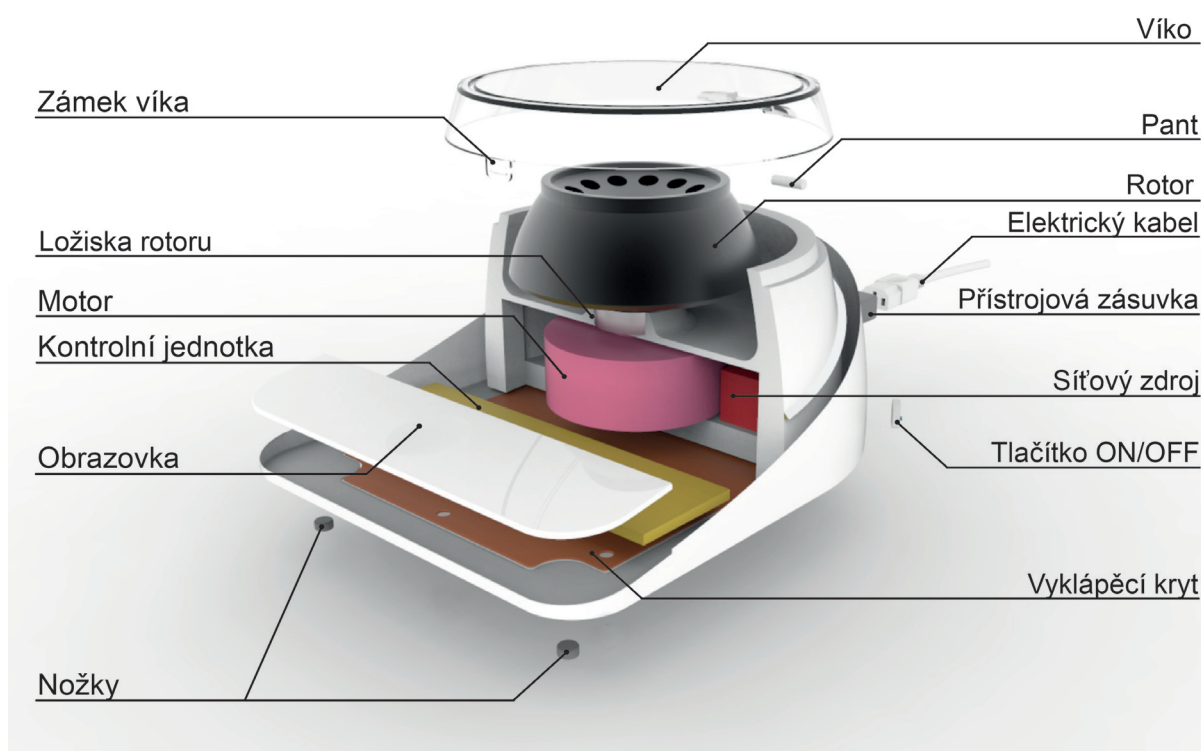
Druhým rotorem je rotor magnetický (Obr. 5-12). Stejně jako předchozí rotor tvarem vychází z hlavní části centrifugy a u spodní hrany je zkosený. Proporce má ale užší než rotor úhlový, protože zde nejsou potřeba umisťovat zkumavky. K práci potřebuje tento rotor jen dva magnety. Ty jsou vyzdvižené k hornímu okraji rotoru. Zbylá plocha kolem magnetů je kleslá a ve středu rotoru je také otvor pro umístění hřídele a matice na zajištění.

## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

### 6.1 Konstrukčně technologické řešení

Pro proces odstřeďování jsou nejdůležitějšími prvky vhodný motor a rotor. Odstředivka se ovládá pomocí dotykové obrazovky, která je propojena s kontrolní jednotkou řídící motor. Hřídel propojuje motor s rotorem, a tak přenáší otáčky potřebné pro proces. Dále má přístroj konektor pro připojení do sítě a hlavní přepínací tlačítko pro centrální vypínání a zapínání stroje.

Schéma vnitřního uspořádání vidíme na obrázku dole.



Obr. 6-1 Schéma součástí centrifugy

#### 6.1.1 Ovládací panel

Celá přední část přístroje je určena pro dotykovou obrazovku, je zde tudíž dostatečný prostor pro snadné a jednoduché ovládání. Obrazovka je rozměrově přes celou šířku centrifugy - 250 mm, na délku pak zhruba 70 mm. Uprostřed plochy je malé kruhové vybrání, kde na hraně je umožněno nastavovat otáčky a čas. Uvnitř této plochy je pak toto nastavení vidět.

Hrana kruhového vybrání je doplněna o barevné světlo. To svítí podle toho, kde je přejížděno prstem po okraji.

Obrazovka má několik tlačítek pro ovládání centrifugy. Jejich funkce jsou následující:

Start/stop - spouští a vypíná proces odstředování

Open - otevírá automaticky poklop víka

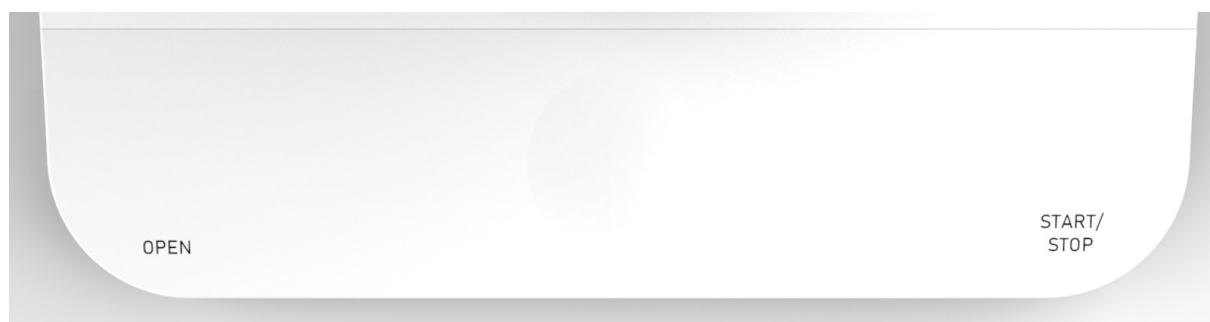
Lock - zamyká nastavení na obrazovce

Time - přepne ovládání na kruhovém ovladači na volbu času

Speed - přepne ovládání na kruhovém ovladači na volbu rychlosti

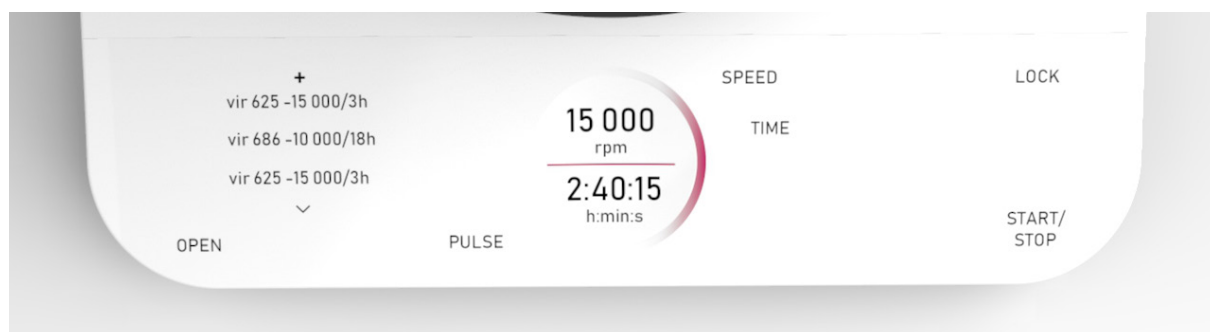
Pulse - umožní na dobu, po kterou se drží prst na tlačítku roztočit centrifugu na nejvyšší otáčky

Obrazovka má čtyři podoby. První nastává, když je centrifuga vypnutá (Obr. 6-2). Na obrazovce jsou vidět pouze údaje, které jsou natištěné a to jsou tlačítka Start/stop a Open.



**Obr. 6-2** Obrazovka vypnutého přístroje

Po zapnutí přístroje má obrazovka druhou podobu (Obr. 6-3). Na displeji se zobrazí volby jako Lock, Time, Speed, Pulse. Uvnitř kruhového ovladače se zobrazí nastavená rychlost a čas. Na levé straně je umístěna rychlá volba, aby si obsluha stroje nemusela pamatovat jaké nastavení potřebuje na daný proces. Nad seznamem je symbol + pro přidávání dalších voleb a pod ním je šipka dolů, která označuje, že seznam obsahuje další volby, které nejsou vidět.

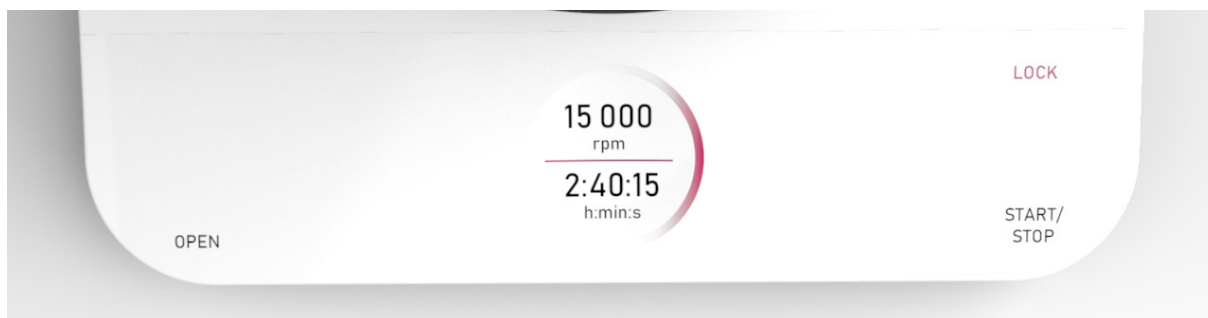


**Obr. 6-3** Obrazovka v provozu

Třetí podoba (Obr. 6-4) obrazovky nastává, když se zamyká ovládací panel, na pár vteřin se tak objeví uvnitř kruhového ovladače symbol zámku. Poslední podobu má zamčená obrazovka v průběhu procesu (Obr. 6-5). V kruhovém ovladači je vidět na jaké hodnoty je proces nastaven a nápis Lock má jinou barvu.



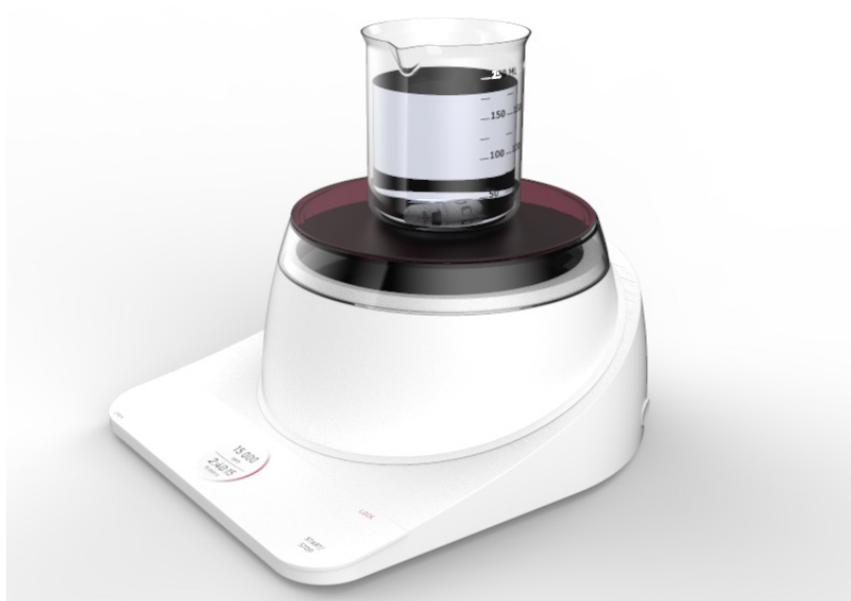
**Obr. 6-4** Zamykání obrazovky



**Obr. 6-5** Zamčená obrazovka

## 6.1.2 Rotory

Součástí přístroje jsou neodmyslitelně rotory. Úhlový rotor je navržen v rozměrech 97 mm v průměru v horní části a ve spodní nejširší části je průměr 134 mm. Rotory se nasazují na hřídel, ta ale zde neprostupuje až nahoru skrz rotor. Otvory pro zkumavky jsou zde pod úhlem 20 °.



**Obr. 6-6** Centrifuga s míchadlem

Druhým rotorem je rotor magnetický. Rozměrově je trochu užší než úhlový rotor a to s průměry v horní části 70 mm a ve spodní nejširší 96 mm. Ten má v sobě umístěné silné magnety neodymové magnety pro nejlepší možný účinek. Oba rotory mají na výšku rozměr 52 mm. Stejný mají i materiál, ze kterého jsou vyrobeny a tím jsou uhlíková vlákna.

Další potřebnou součástí pro použití magnetického rotoru je tělísko ze vzácných zemin s povlakem PTFE pro chemickou odolnost, které je potřebné jako protikus k magnetu. Vkládá se přímo do nádoby s tekutinou a po spuštění programu se roztočí. Tělísko má rozměry (40 x 12) mm.

Poslední součást k míchání jsou silikonové pláty, které se pokládají na povrch víka s rozměrem 180 mm v průměru. Slouží k ochraně přístroje před tekutinou, která by mohla vystříknout z nádoby při míchání a taktéž jako podložka, která zabraňuje pohybu nádoby po víku. Celý systém míchadla vidíme na obrázku výše (Obr. 6-6).

### 6.1.3 Víko

Na víko bylo použito plexisklo, přesněji litý polymethylmetakrylát (PMMA), kvůli odolnosti proti UV záření a agresivním chemikáliím. [25] Víko díky průhlednému materiálu umožňuje průhled dovnitř do centrifugy na probíhající proces. V přední části je háček, který slouží jak k uchycení přední části víka k hlavní části tak i k zamčení víka po spuštění procesu (Obr. 6-7). Otevírání a zavírání je ovládáno pomocí tlačítka na obrazovce.

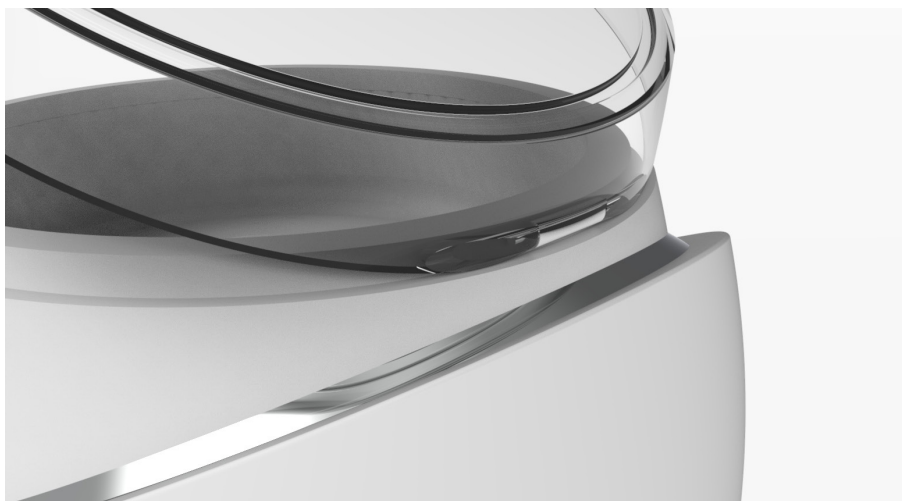


**Obr. 6-7** Víko

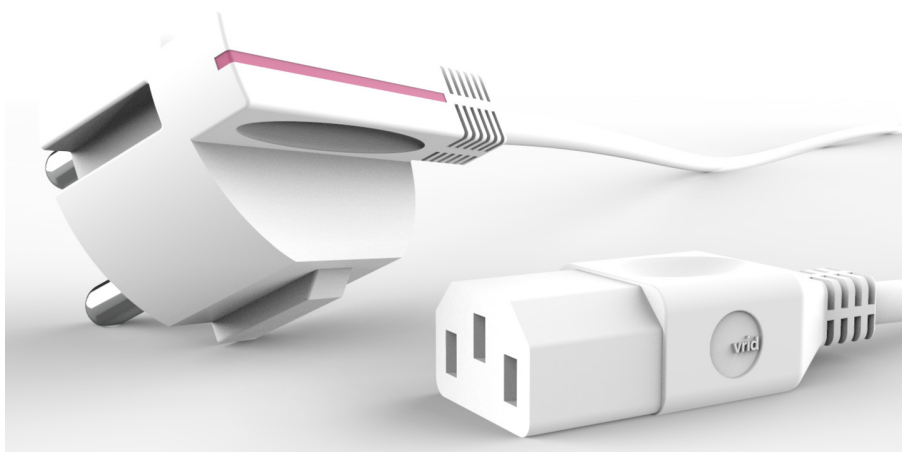
Víko je k hlavní části připevněno pantem a tím je i zajištěno otevírání (Obr. 6-8).

### 6.1.4 Síťový kabel

Centrifuga potřebuje ke své činnosti elektrický proud a ten je sem přiveden klasickým síťovým třížilovým kabelem 230 V (Obr. 6-9). Kabel je ukončen standardní přístrojovou zástrčkou. Délka kabelu je 1,5 m. Do přístroje je připojen kabel skrz přístrojovou zásuvku (Obr. 6-10).



**Obr. 6-8** Pant



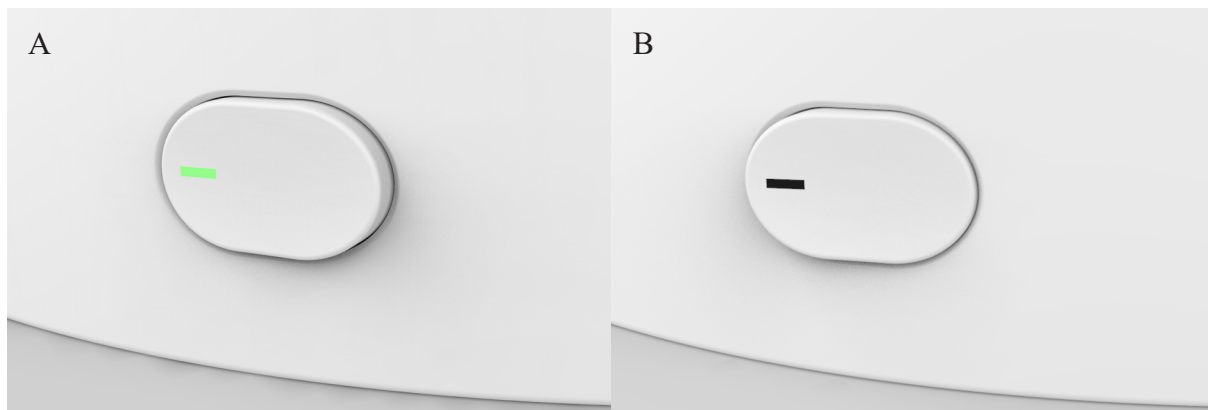
**Obr. 6-9** Síťový kabel



**Obr. 6-10** Přístrojová zásuvka

## 6.1.5 Vypínač

K celkovému zapnutí nebo vypnutí centrifugy je na přístroj umístěn síťový 2 pólový překlopný vypínač vhodný pro proud 230V. V poloze zapnutí je umístěn obdelníček se světlem pro znázornění zapnutého stavu. Pokud je přístroj vypnutý, světlo nesvítí (Obr. 6-11).



**Obr. 6-11** Překlopný vypínač - A) zapnutý, B) vypnutý

## 6.2 Ergonomie

V případě malých a středních centrifug jsou přístroje používány položené na pracovní ploše. Vzhledem k malým rozměrům přístroje lze tedy přístroj umístit dále od hrany pracovní desky a mít volný prostor kolem pro přípravu nebo odložení ostatního vybavení. I když je zařízení



**Obr. 6-12** Manipulace s rotorem



malé a často se s ním nemanipuluje, samovolný pohyb po desce je naprosto nežádoucí, proto jsou přidány silikonové nožičky, které takovému pohybu zabrání.

Celý tvar centrifugy je navržen tak, aby se s ním co nejlépe dalo manipulovat. V případě výměny rotoru je to dostatečný prostor kolem něj pro snadné vložení a následné vyjmutí rotoru tak, aby se tam ruka vešla a neměla problém pohyb vykonat (Obr. 6-12). Pant spojující víko s tělem zase umožňuje otevření víka tak, aby nepřekáželo při manipulaci uvnitř přístroje.

Ovládání je řešeno pomocí dotykové obrazovky. Sklon obrazovky je mírně nakloněn, což podporuje kolmost na osu pohledu. Jednotlivé symboly a nápisy, které ovládají přístroj jsou dostatečně velké pro snadnou čitelnost a mají mezi sebou mezery tak, aby se snadno ovládaly a obsluha omylem nezmáčkla tlačítko jiné než požadovala. Kruhové vybrání uprostřed plochy usnadňuje orientaci na ploše, kdy obsluha podle hmatu pozná, kde se právě nachází.



**Obr. 6-13** Ovládání obrazovky

Seznam předvoleb v levé části obrazovky, které si do přístroje může každý nahrát podle vlastních potřeb, obsluze velmi usnadňuje práci s přístrojem. Jde především o rychlost práce, není nutné zdlouhavé nastavování parametrů potřebných pro úkon konaný často a také zabrání chybění.

Člověk pracující s laboratorní centrifugou při práci používá latexové rukavice, což však u dotykové obrazovky není problém a tlačítka reagují i na takový materiál.

Centrální vypínání je umístěno v zadní části na pravé straně. Automaticky člověk hledá tlačítko na pravé straně nebo zároveň při zapínání, což dělá skoro podvědomě, chystá další věci. Jelikož není přístroj velký, může být tlačítko umístěno v zadní části. U větších přístrojů by mohl nastat problém s rozměry přístroje, kdyby obsluha na tlačítko nemohla dosáhnout.



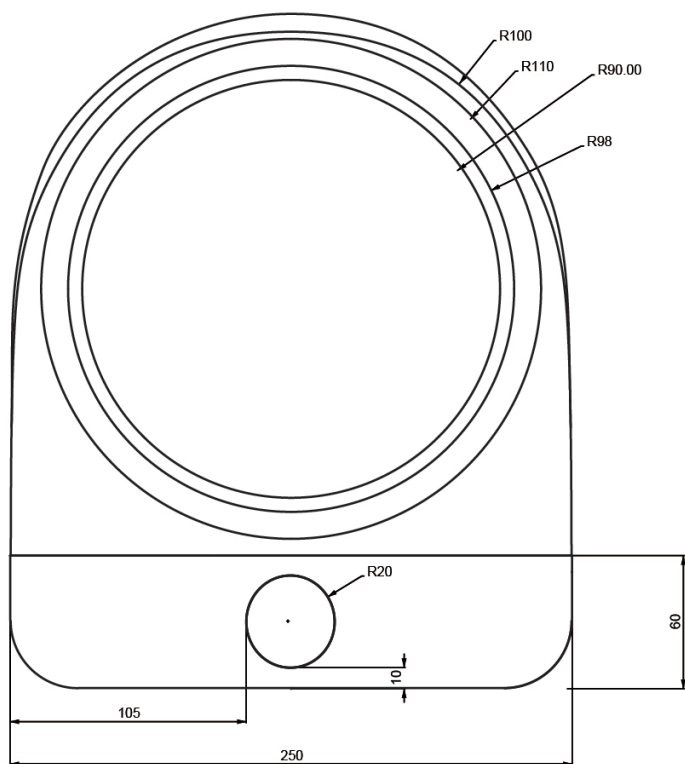
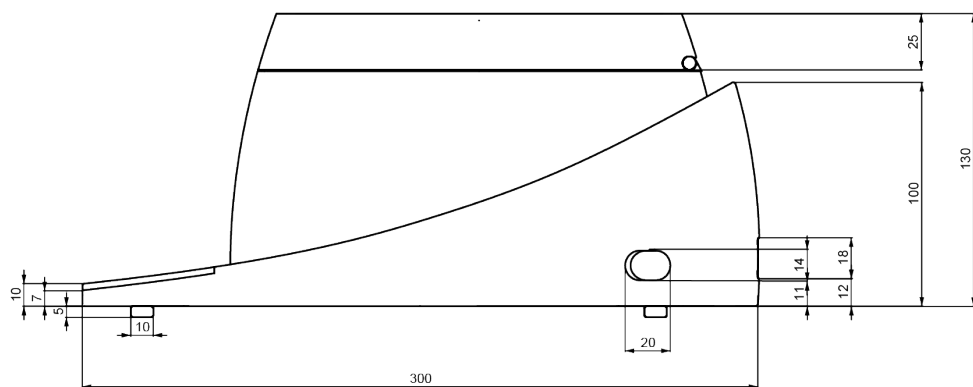
**Obr. 6-14** Zapínání přístroje

## 6.3 Materiály

Hlavním materiálem pro tělo přístroje je plast ABS a zpracován je tvářením za tepla. Byl vybrán pro svou vysokou pevnost a odolnost proti chemikáliím. ABS nenasákává a je zdravotně nezávadný. [26] Povrch byl upraven do matného finišu. Na víko byl použit průhledný polymethylmetakrylát pro svou odolnost vůči chemikáliím. Ovládací panel je pak vyroben z klasického skla litém, aby se dosáhlo optické průzračnosti.

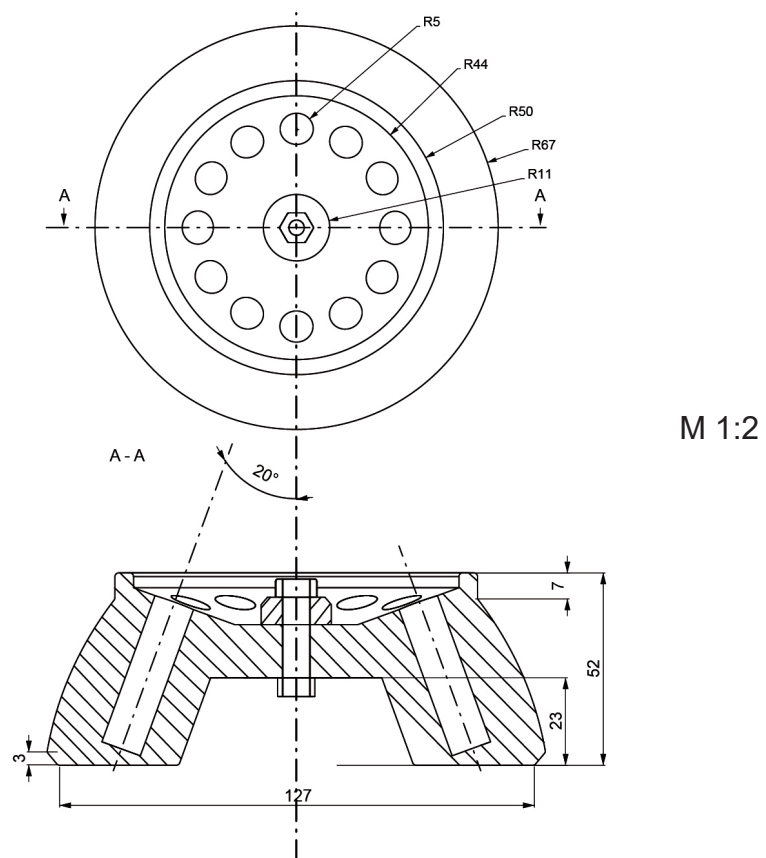
## 6.4 Rozměrové řešení

Základní rozměry centrifugy, které jsou (130 x 250 x 300) *mm*, určují že, zařízení spadá do kategorie nejmenších odstředivek. Rozměry byly zvoleny tak, aby byla zajištěna funkčnost do nitra se vešly všechny funkční části. Přední část je pak zvolena větší pro snadné a ergonomicky příhodné ovládání přístroje.

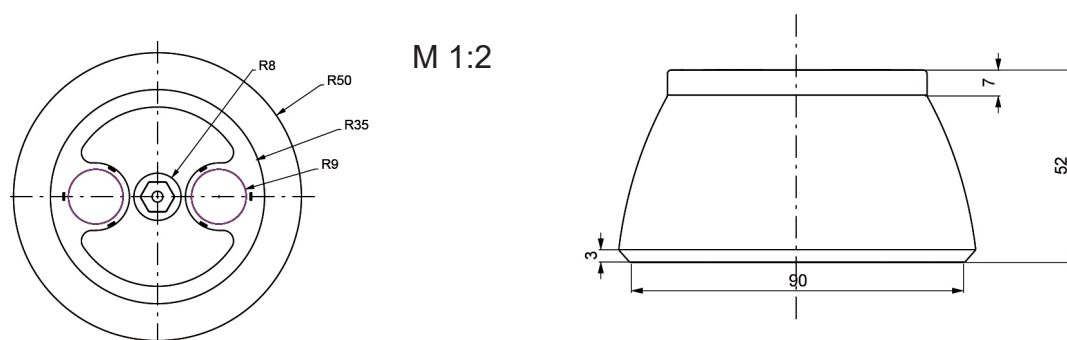


M 1:3

Obr. 6-15 Základní rozměry



**Obr. 6-16** Rozměry rotoru



**Obr. 6-17** Rozměry magnetického rotoru

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Barevné řešení je voleno tak, aby podtrhovalo jednoduchý a elegantní tvar. Piktogramy a textové popisky byly jednoduché a srozumitelné. Celkově je barevnost zvolena tradiční světlá, což se u lékařských přístrojů očekává.

### 7.1 Barevné řešení

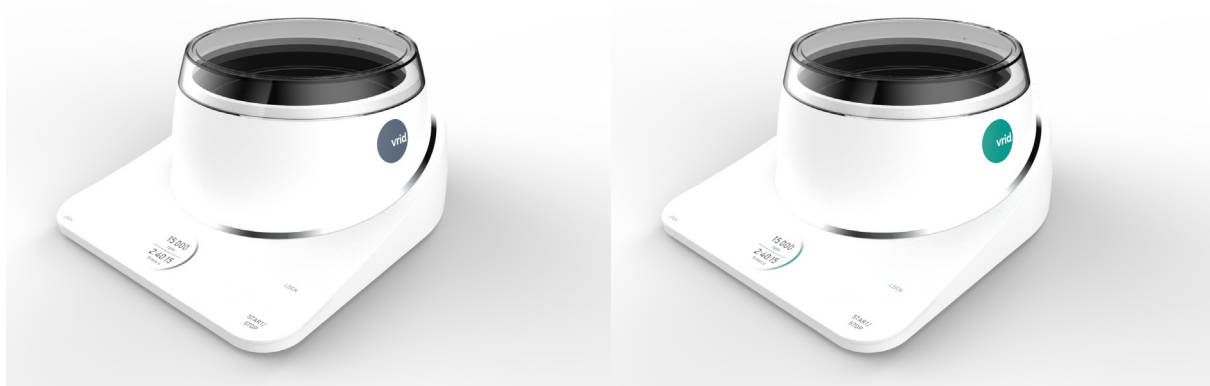
Bílá barva je typická barva u zdravotnických a laboratorních přístrojů. Stejně je tomu tak i zde. Hlavní barvou je pro celý přístroj je tedy bílá barva. Ta je použita na celý hlavní tvar centrifugy, vnitřní část a síťový kabel. Obrazovka je od zbytku těla oddělena jen jiným materiálem a úpravou finise, ale barevnost zůstává stejná. Povrch je matný, takže zde nejsou viditelné otisky prstů, a hladký, aby se dal přístroj udržovat v čistotě. Díky bílé barvě také pěkně vynikne tvar se všemi křivkami, které tělo přístroje tvoří.



**Obr. 7-1** Finální barevné řešení

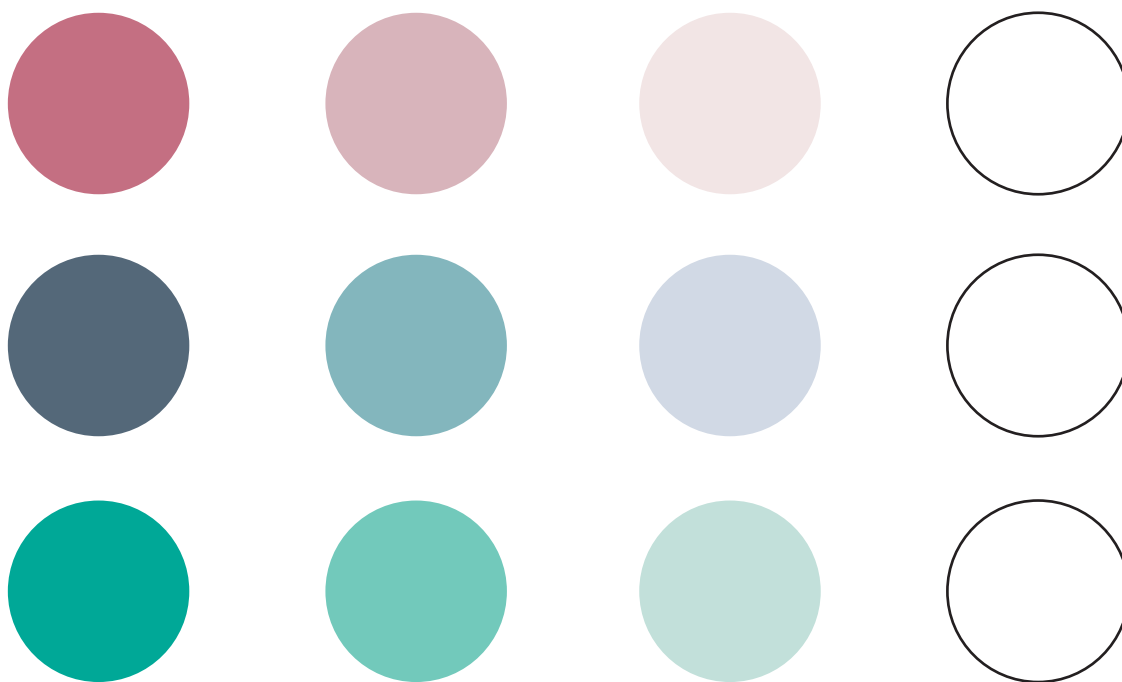
Odlišný materiál a tím i barva je pouze na límci, který tvoří přechod mezi základní deskou a válcem. Límec, který tvoří přechod mezi základní deskou a válcem, je z kovu - odlišného materiálu a má i odlišnou barvu. Barevnost je tedy zastoupena pouze podsvícením na displeji a logu, které je umístěno na boku válce. Hlavní barevnou variantou je tedy bílá barva doplně-

ná o záprašenou starorůžovou a její odstíny(Obr. 7-1). Vznikne tak velice elegantní a neotřelá kombinace mezi lékařskými přístroji.



**Obr. 7-2** Barevné varianty

Další variantou je pak tmavší holubí šed', její světlejší odstíny a bílá (Obr. 7-2). Tato kombinace působí čistým ale studeným dojmem, což koresponduje s možností mít v centrifuze zabudované chlazení. Třetí varianta pak vychází z odstínů typické tyrkysové pro zdravotnická zařízení (Obr. 7-3). Kombinace je čistá a klasická. Tato barva se hodí k typu zařízení jako je laboratorní centrifuga, ale hrozí zde, že výrobek nebude rozeznatelný od jiných zdravotnických zařízení.



**Obr. 7-3** Použité barevné odstíny variant

Čtvrtá barevná varianta vychází z černé barvy jako hlavní (Obr. 7-4). Přístroj tím získá ještě více elegantnější a vážnější vzhled, ale tmavá barva není u laboratorních zařízení vítána. Přístroje by měly vypadat čistě a sterilně, což tato barva nesplňuje.



**Obr. 7-4** Černá varianta

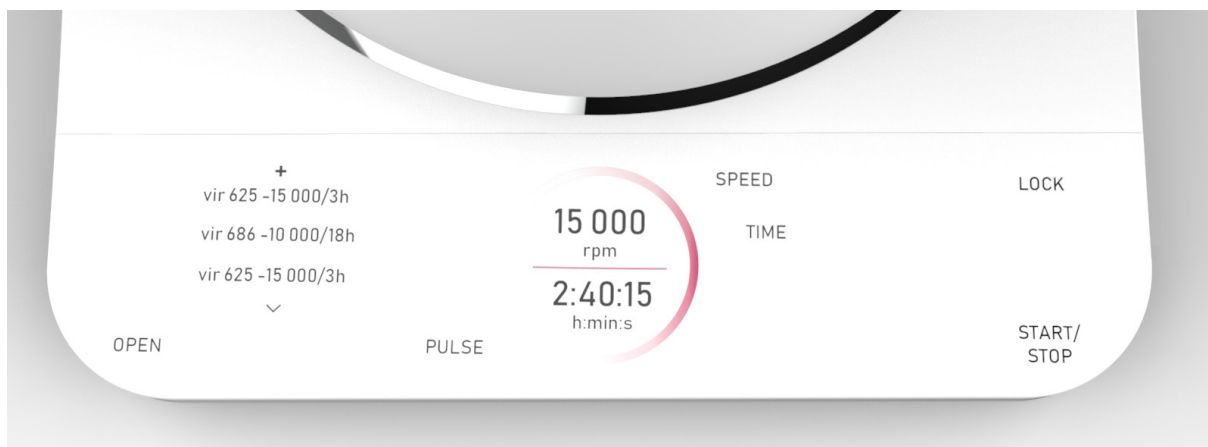


**Obr. 7-5** Další barevné varianty

## 7.2 Grafické řešení

Celý přístroj doplňují jednoduché, výstižné a všemi lehce pochopitelné nápisy. Jak už na obrazovce předtištěné nápisy nebo ty, které se zobrazí až po spuštění stroje, všechny tyto nápisy jsou napsány fontem Ralleway a jsou v anglickém jazyce (Obr. 7-6). Význam těchto slov je vysoce zaužívaný a výrazů není mnoho, takže nedělá problém většině běžných uživatelů chápat jejich význam, zvláště pak pokud s takovými přístroji již pracovali.

Tlačítko START/STOP zajišťuje spuštění nebo zastavení celého procesu odstředování. Druhým ovladačem na stejné úrovni je tlačítko OPEN reprezentující otevírání víka. Na kruhovém vybrání se zobrazují základní údaje pro délku procesu a údaje pro rychlost otáčení. Tyto údaje jsou doplněny o své jednotky, takže je nutná znalost těchto fyzikálních údajů. Další z tlačítek, která na obrazovce najdeme, jsou SPEED a TIME, díky nimž přepneme nastavení na hlavním



**Obr. 7-6** Nápis na obrazovce

kruhovém ovladači. Tlačítko PULSE roztočí rotor po dobu, po kterou tlačítko obsluha drží. LOCK je pak pro zamčení a odemčení obrazovky.

Na boku přístroje je umístěn hlavní vypínač. Na něm není umístěn žádný symbol ani nápis, ale stav přístroje je zjištěl pomocí světýlka, které svítí pokud je zařízení zapnuto.

## 7.2.1 Logotyp

Pro tento přístroj byl vybrán název Vrid. Název vznikl ze švédského slova „vridning“ v překladu znamenající otáčení. Otáčení jako hlavní prvek procesu centrifugace a švédština jako jazyk jednoho z hlavních států, který významně přispěl k vývoji této techniky.

Logo má kruhový charakter stejně jako část, ve které se proces odstředování odehrává. Barva je zvolena v nejtmavším odstínu starorůžové z přiloženého vzorníku. Nápis v logu naznačuje uložení zkumavky v rotoru a je na něj použit font Ralleway. Tento font je pak použitý i na nápisy na obrazovce. (Obr. 7-9)

Barva loga vychází z doplňkové barvy ze zvolené kombinace a tím je odstín Pantone 2046 C. Písmo je pak bílou barvou. Varianty loga, mohou být použity na barevných variantách nebo přiložených tiskovinách, ty jsou pak černé s bílým nápisem nebo bílé s vybráním v místě textu.

Logo je použito na hlavní části centrifugy na boku, kam je natištěno. Druhým místem, kde je logo použito, je konektor síťového kabelu, zde je logo vybráno z materiálu a písmo tvoří reliéf.



**Obr. 7-7** Varianty loga

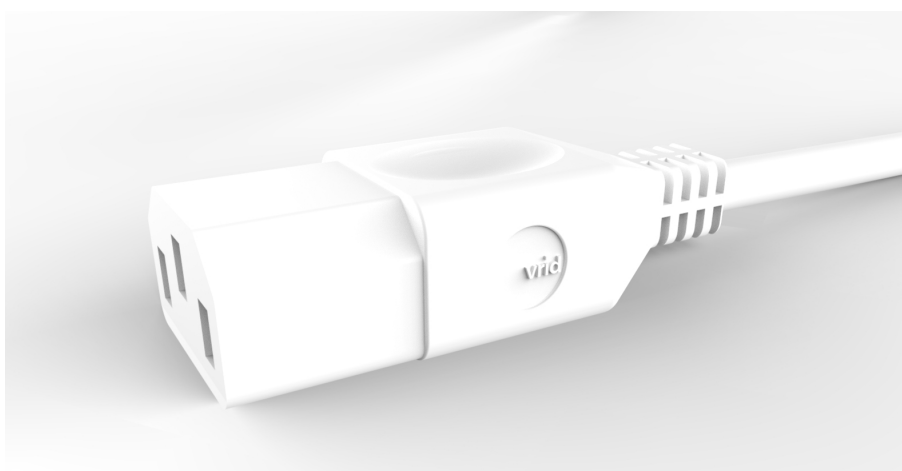




**Obr. 7-8** Logo



**Obr. 7-9** Aplikace loga na těle centrifugy



**Obr. 7-10** Aplikace loga na příslušenství

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

Tvarování bylo zvoleno tak, aby působilo moderně a neotřele a nebylo zaměnitelné s konkurenčními produkty. Jednotlivé části přesně napovídají, na co mají být použity. Přední část jasně vypovídá, že zde bude přístroj obsluhován, zatímco válec určuje místo, kde bude proces probíhat. Barevnost pak působí čistým dojmem, což je u laboratorního vybavení vyžadováno. Ovládání je navrženo tak, aby obsluha neměla problém cokoli najít nebo pochopit a barevné a moderní zpracování lákalo k použití přístroje.

### 8.2 Sociální funkce

Produkt je zacílen na profesionální použití v laboratořích. Svého zákazníka najde v menších laboratořích, které se snaží ušetřit prostor a nepotřebují zpracovávat velký objem vzorků. Díky přidané funkci míchání tak není přístroj po většinu času nevyužitý. Druhým typem zákazníka mohou být laboratoře, které si potrpí na moderní přístroje.

### 8.3 Ekonomická funkce

Cena přístroje je závislá nejvíce na použití materiálů a technického vybavení. Použití dotykové obrazovky, odolnějších materiálů, výkonnějšího motoru zvýší standardní ceny. Na trhu jsou však přístroje s velkým cenovým rozpětím, takže cena nebude vysoce překračovat ostatní výrobky. U laboratorního zařízení největší roli hraje rychlost otáček a to převažuje nad cenou. Dalším parametrem v ceně je nutné vybavení, kdy materiál rotoru je zde zvolen kvůli odolnosti vůči chemikáliím, aby déle vydržel, což se také odrazí v ceně rotoru.

## 9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout design laboratorní centrifugy v závislosti na technických a ergonomických parametrech a vytvoření inovativního vzhledu s více možnostmi využití přístroje.

Do rešerže bylo těžké najít různé typy centrifug, protože většina je jich téměř ve stejném duchu šedých krabic. Problémem byla stabilita přístroje. Ta je u tohoto laboratorního zařízení velmi důležitá, protože kdyby nebyla zajištěna, proces by neprobíhal správně a také by mohlo dojít k poničení celého zařízení. To bylo vyřešeno pomocí malých silikonových nožek, které zajistí vodorovné posazení přístroje na ploše a zabrání samovolnému pohybu po pracovní desce.

Dále byl řešen ovládací panel, který byl vytvořen jako dotyková obrazovka s jednoduchým ale přehledným a intuitivním ovládáním. Funkce byly zastoupeny slovním výrazem a není tedy nutné, aby obsluha musela použít manuál pro porozumění nastavení.

K více možnostem využití byl použit magnetický rotor vhodný pro míchání tekutin. Této funkci bylo přizpůsobeno víko centrifugy, aby zde mohla stát nádoba s tekutinou. Přidaná funkce zajistí větší využití přístroje hlavně v menších laboratořích, kde nepotřebují dva samostatné přístroje, ale postačí jim, aby jeden střídal rotory a nastavení.

Díky malému množství tvarových odlišností stávajících produktů, bylo možné vymyslet nové tvarové řešení a tím odlišit svůj přístroj od ostatních. Oslovit zákazníky také může svým použitím dotykové obrazovky a přidavné funkci míchání.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Beckman Avanti J-26XP Centrifuge | GMI - Trusted Laboratory Solutions. In: *GMI | Brand New & Used Lab Instruments | Trusted Laboratory Solutions* [online]. 2019© [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.gmi-inc.com/product/beckman-avanti-j-26xp-centrifuge/>
- [2] BUIE, John. Evolution of the Lab Centrifuge | Lab Manager: Evolution of the Lab Centrifuge. *Lab Manager - Focusing on Management, Safety and Laboratory Products* [online]. ©2019, May 07, 2010 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.labmanager.com/lab-product/2010/05/evolution-of-the-lab-centrifuge#.XNmBJY4zZPa>
- [3] Multi speed mini centrifuge. *HWLAB* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [http://www.hwlab.cn/product/single\\_multi\\_speed.html](http://www.hwlab.cn/product/single_multi_speed.html)
- [4] Table Top Centrifuge(id:4054197) Product details - View Table Top Centrifuge from Aron Laboratory Instrument Inc, - EC21. *Aron Laboratory Instrument Inc, - Laboratory instrument, Medical instrument, testing instrument, Medical instrument* [online]. (c)1997-2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://aronlab.en.ec21.com/Table\\_Top\\_Centrifuge--4054196\\_4054197.html](https://aronlab.en.ec21.com/Table_Top_Centrifuge--4054196_4054197.html)
- [5] Centrifuge 5910 R - Centrifugy, Centrifugace | Centrifugace, Nové produkty - EppendorfEppendorf. *Eppendorf Česká republika – Laboratorní výbava, provozní materiál & služby - Eppendorf* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://online-shop.eppendorf.cz/CZ-cs/Nove-produkty-91810/Centrifugace-149873/Centrifuge-5910R-PF-243562.html>
- [6] Mikrocentrifuga/vortex CVP-2 | GRANT-BIO | P-LAB. *P-LAB = Potřeby pro laboratoř, Chemikálie, Life Science* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://www.p-lab.cz/katalog/mikrocentrifuga/vortex-cvp-2-grant-bio\\_4933p](https://www.p-lab.cz/katalog/mikrocentrifuga/vortex-cvp-2-grant-bio_4933p)
- [7] Centrifuge stirrer: MAGFUGE® CENTRIFUGE AND MAGNETIC STIRRER. *Homepage* [online]. 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.heathrowscientific.com/centrifuges/magfuge-centrifuge-stirrer>
- [8] Centrifuge › WERK |m Produktdesign. *Produktdesign › WERK |m Produktdesign* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.werk-m.com/portfolio-item/zentrifuge/?lang=en>
- [9] Opinions on Centrifugation. *Give your opinion on what matters to you - Leave your opinion* [online]. 2011 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.writeopinions.com/centrifugation>

- [10] PřF:Bi6400 Metody molekulární biologie. *Informační systém* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1431/jaro2016/Bi6400/um/>
- [11] Centrifugation Theory. *Fisher Scientific Sweden: Laboratory Equipment, Consumables & Supplies* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.fishersci.se/se/en/scientific-products/centrifuge-guide/centrifugation-theory.html>
- [12] Centrifuges - ppt video online download. *SlidePlayer - Upload and Share your Power-Point presentations* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://slideplayer.com/slide/6009228/>
- [13] Multotec Home. In: *Multotec Home* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.multotec.com/public>
- [14] MISHRA, Prakash. Centrifuge principle and application. *Share and Discover Knowledge on LinkedIn SlideShare* [online]. ©2019, Jun 16, 2015 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/pgiprakash/prakash-centrifuge>
- [15] EBooks, Life Sciences - Beckman Coulter. *Life Sciences Home - Beckman Coulter* [online]. United States, ©2000-2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.mybeckman.cz/resources/reading-material/ebooks>
- [16] Centrifuge Rotor Types - Beckman Coulter. *Life Sciences Home - Beckman Coulter* [online]. ©2000-2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.mybeckman.cz/resources/fundamentals/principles-of-centrifugation/rotor-types>
- [17] PIRAMOON, Sheila. Centrifuge Rotor Material Evolution: Advances in Rotor Design Using Composite Materials | American Laboratory. *The Ultimate Resource for Laboratory Scientists Home | American Laboratory* [online]. 2019, May 26, 2010 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.americanlaboratory.com/913-Technical-Articles/1046-Centrifuge-Rotor-Material-Evolution-Advances-in-Rotor-Design-Using-Composite-Materials/>
- [18] Eppendorf 22-36-320-4 Microcentrifuge Tube, 1.5 mL, Natural Color from Cole-Parmer. In: *Cole-Parmer - Fluid Handling and Analysis Supplies from Cole-Parmer Germany* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.coleparmer.com/i/eppendorf-22-36-320-4-microcentrifuge-tube-1-5-ml-natural-color/0256033>
- [19] Centrifuge tubes | Labware Products Manufacturers & Suppliers. *Labware Products Manufacturers & Suppliers | Precise & Protective* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://adarshsamani02.wordpress.com/tag/centrifuge-tubes/>

- [20] Centrifuge motor - All industrial manufacturers - Videos. *DirectIndustry - The online industrial exhibition: sensors, automation, motors, pumps, materials handling, packaging, etc.* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/centrifuge-motor-141677.html>
- [21] Routine Maintenance of Centrifuges. In: Community - Eppendorf Handling Solutions [online]. Hamburg, Germany, 2018 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://handling-solutions.eppendorf.com/fileadmin/Community/Sample\\_Handling/Maintenance/White-Paper\\_014\\_Centrifuges\\_Routine-Maintenance-\\_eng.pdf](https://handling-solutions.eppendorf.com/fileadmin/Community/Sample_Handling/Maintenance/White-Paper_014_Centrifuges_Routine-Maintenance-_eng.pdf)
- [22] ČSN EN 12547 (692611). *Odstředivky - Obecné bezpečnostní požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 72 s.
- [23] ČSN EN 61310-2 ED.2 (332205). *Bezpečnost strojních zařízení - Indikace, značení a uvedení do činnosti - Část 2: Požadavky na značení*. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut, 2008, 18 s.
- [24] ČSN EN 60204-1 ED.2. *Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky*. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut, 2007, 110 s.
- [25] Akrylát a plexisklo - Vink - Plasty s.r.o. *Vink - Plasty s.r.o.* [online]. ©2013-2019 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.vink.cz/akrylat-a-plexisklo>
- [26] ABS - VM Plast s.r.o. *Úvod - VM Plast s.r.o.* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.vmplast.cz/sortiment/abs/>

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

°	stupně
%	procento
$\pi$	pí
°C	stupně Celsia
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
BL	bezkomutátorový
DC	stejnoseměrný
g	gravitační zrychlení ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )
IP	stupeň krytí
kDa	kiloDalton
kg	kilogram
kPa	kilopascal
LED	Light-Emitting Diode / elektroluminiscenční dioda
m	metr
min	minuty
ml	mililitry
mm	milimetry
RCF	relativní centrifugační síla
ot/min	otáčky za minutu
PTFE	Polytetrafluorethylen
r	poloměr
RPM	otáčky za minutu
V	volt
W	watt

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1	Avanti J 26-XP [1].....	14
Obr. 2-2	Mikrocentrifuga speed mini centrifuge a vybavení [3].....	15
Obr. 2-3	Centrifuge DSC-N158T [4].....	16
Obr. 2-4	Centrifuge 5910 R [5] .....	16
Obr. 2-5	Mikrocentrifuga/vortex CVP-2 [6].....	17
Obr. 2-6	MagFuge [7].....	18
Obr. 2-7	Zentrifuge [8] .....	18
Obr. 2-8	Princip centrifugace [10].....	19
Obr. 2-9	Schéma centrifugy [13] .....	21
Obr. 2-10	A) rotor výkyvný, B) rotor úhlový [15] .....	21
Obr. 2-11	Schéma sedimentační cesty částic [16] .....	22
Obr. 2-13	Schéma vyvážení zkumavek v rotoru [15].....	23
Obr. 2-12	Rotory z uhlíkových vláken [17].....	23
Obr. 2-14	Typy zkumavek [18].....	24
Obr. 2-15	Magnetický rotor [7] .....	25
Obr. 2-16	Poškození rotoru [21] .....	26
Obr. 4-1	Inspirační koláž .....	29
Obr. 4-2	Varianta I .....	30
Obr. 4-3	Varianta II.....	30
Obr. 4-4	Varianta III.....	31
Obr. 5-1	Inspirační koláž .....	32
Obr. 5-2	Perspektivní zobrazení modelu .....	32
Obr. 5-3	Boční pohled .....	33
Obr. 5-4	Tvarování hlavní části .....	33
Obr. 5-5	Tvarování víka.....	34
Obr. 5-6	Tvarování ovládacího panelu .....	34
Obr. 5-7	Tvarování vnitřní části .....	35
Obr. 5-8	Detail spodní části .....	35
Obr. 5-9	Detail vypínače.....	36
Obr. 5-10	Detail rotoru .....	36
Obr. 5-11	Úhlový rotor a víko .....	37
Obr. 5-12	Magnetický rotor .....	37
Obr. 6-1	Schéma součástí centrifugy .....	39
Obr. 6-2	Obrazovka vypnutého přístroje .....	40
Obr. 6-3	Obrazovka v provozu .....	40
Obr. 6-4	Zamykání obrazovky.....	41
Obr. 6-5	Zamčená obrazovka.....	41
Obr. 6-6	Centrifuga s míchadlem .....	41
Obr. 6-7	Víko.....	42
Obr. 6-8	Pant.....	43
Obr. 6-9	Síťový kabel .....	43
Obr. 6-10	Přístrojová zásuvka .....	43
Obr. 6-11	Překlopný vypínač - A) zapnutý, B) vypnutý.....	44



Obr. 6-12	Manipulace s rotorem.....	44
Obr. 6-13	Ovládání obrazovky .....	45
Obr. 6-14	Zapínání přístroje .....	46
Obr. 6-15	Základní rozměry .....	47
Obr. 6-16	Rozměry rotoru .....	48
Obr. 6-17	Rozměry magnetického rotoru.....	48
Obr. 7-1	Finální barevné řešení.....	49
Obr. 7-2	Barevné varianty .....	50
Obr. 7-3	Použité barevné odstíny variant .....	50
Obr. 7-4	Černá varianta.....	51
Obr. 7-5	Další barevné varianty .....	51
Obr. 7-6	Nápisy na obrazovce.....	52
Obr. 7-7	Varianty loga .....	52
Obr. 7-8	Logo.....	53
Obr. 7-9	Aplikace loga na těle centrifugy.....	53
Obr. 7-10	Aplikace loga na příslušenství.....	53

## 13 SEZNAM TABULEK

tab. 2-1	Ukázka vybraných vzorků, jejich RPM a čas, potřebný k separaci [10].....	20
----------	--	----

## 14 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšený poster (A4)

Fotografie modelu (A4)

Sumarizační poster (A1)

Model (M 1:1)

# ZMENŠENÝ POSTER

vrid

LABORATORNÍ CENTRIFUGA  
PRO SEPARACI VZORKŮ

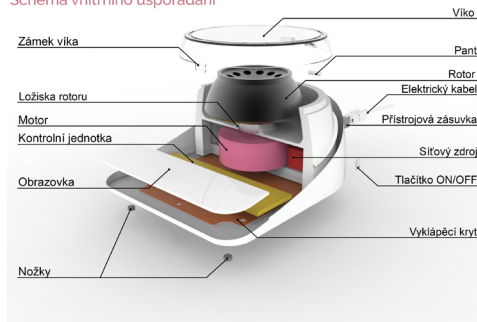
Cílem práce bylo navrhnout design laboratorní centrifugy v závislosti na technických a ergonomických parametrech a vytvoření inovativního vzhledu s více možnostmi využití přístroje.



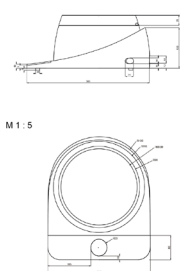
Ergonomie



Schéma vnitřního uspořádání



Rozměrové řešení



DESIGN LABORATORNÍ CENTRIFUGY PRO SEPARACI VZORKŮ / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Marie Kašná / Vedoucí práce: Ing. Eva Fridrichová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19

